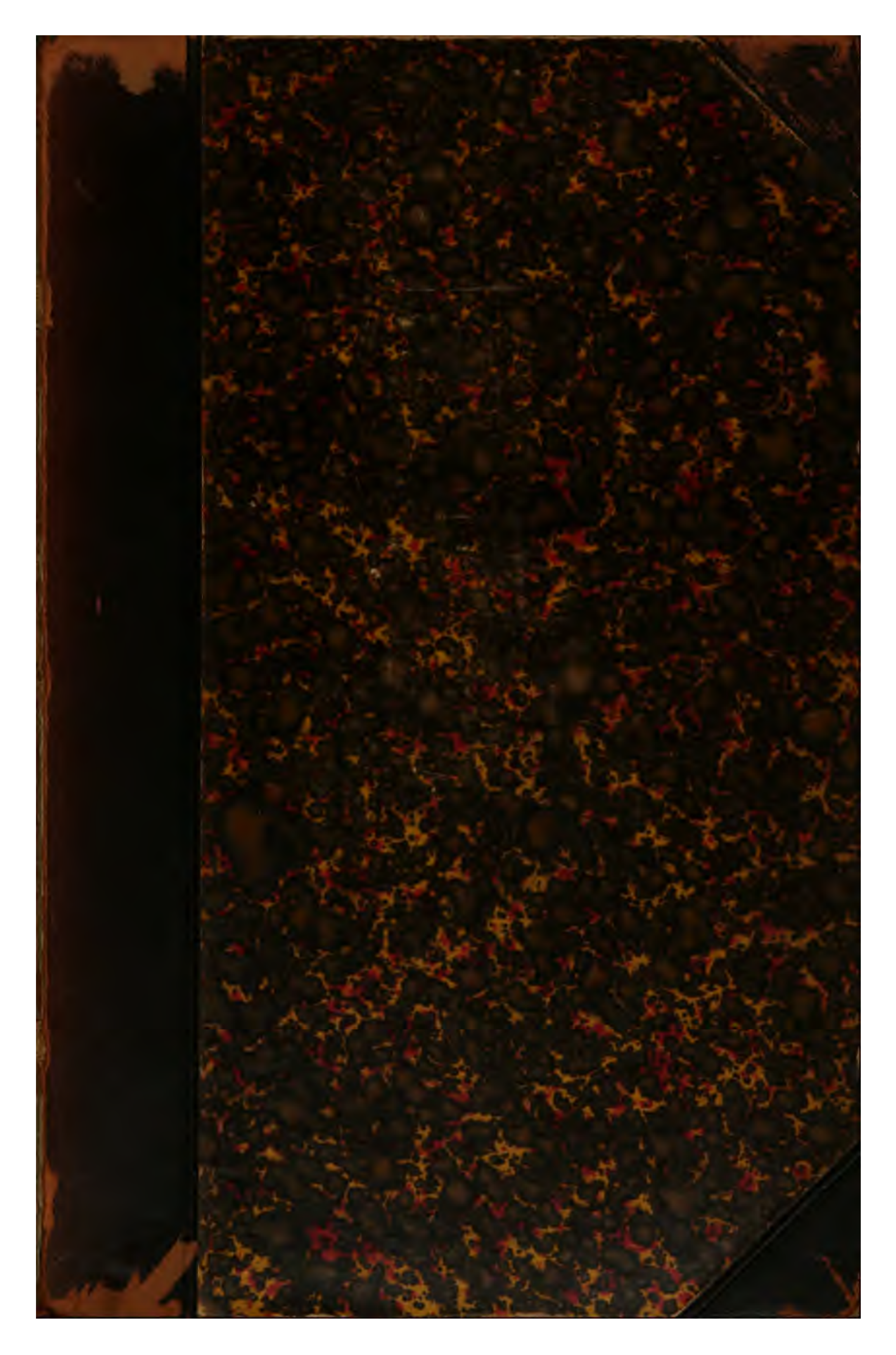


Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

ERSTER ERGÄNZUNGSBAND

ZU DEM

AUSFÜHRLICHEN HANDBUCH

DER

EISENHÜTTENKUNDE

VON

JOHN PERCY, M. D., F. R. S.,

Professor der Metallurgie an der „*Government School of mines*“ zu London.

BEARBEITET

VON

DR. HERMANN WEDDING,

Königl. Preussischem Geheimen Bergrath.

MIT HOLZSTICHEN UND DREI LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1884.

DER

BASISCHE BESSEMER-

ODER

THOMAS-PROCESS

VON

DR. HERMANN WEDDING,

Königl. Preussischem Geheimen Bergrath.

ERGÄNZUNGSBAND

ZU DER DARSTELLUNG DES SCHMIEDBAREN EISENS UND DER BEARBEITUNG DER DRITTEN ABTHEILUNG DES

AUSFÜHRLICHEN HANDBUCHS DER EISENHÜTTENKUNDE

VON

JOHN PERCY.

MIT HOLZSTICHEN UND DREI LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1884.

INHALTSVERZEICHNISS.

Der basische Bessemer- oder Thomas-Process.

Dritter Abschnitt.

Einrichtung und Ausfütterung der Birne.

Vierter Abschnitt.

Die Materialien.

Achter Abschnitt.

Verwerthung der basischen Bessemerschlacke.

Neunter Abschnitt.

Entphosphorung im Flammofen.

Zehnter Abschnitt.

Oekonomischer Erfolg des basischen Bessemerprocesses.

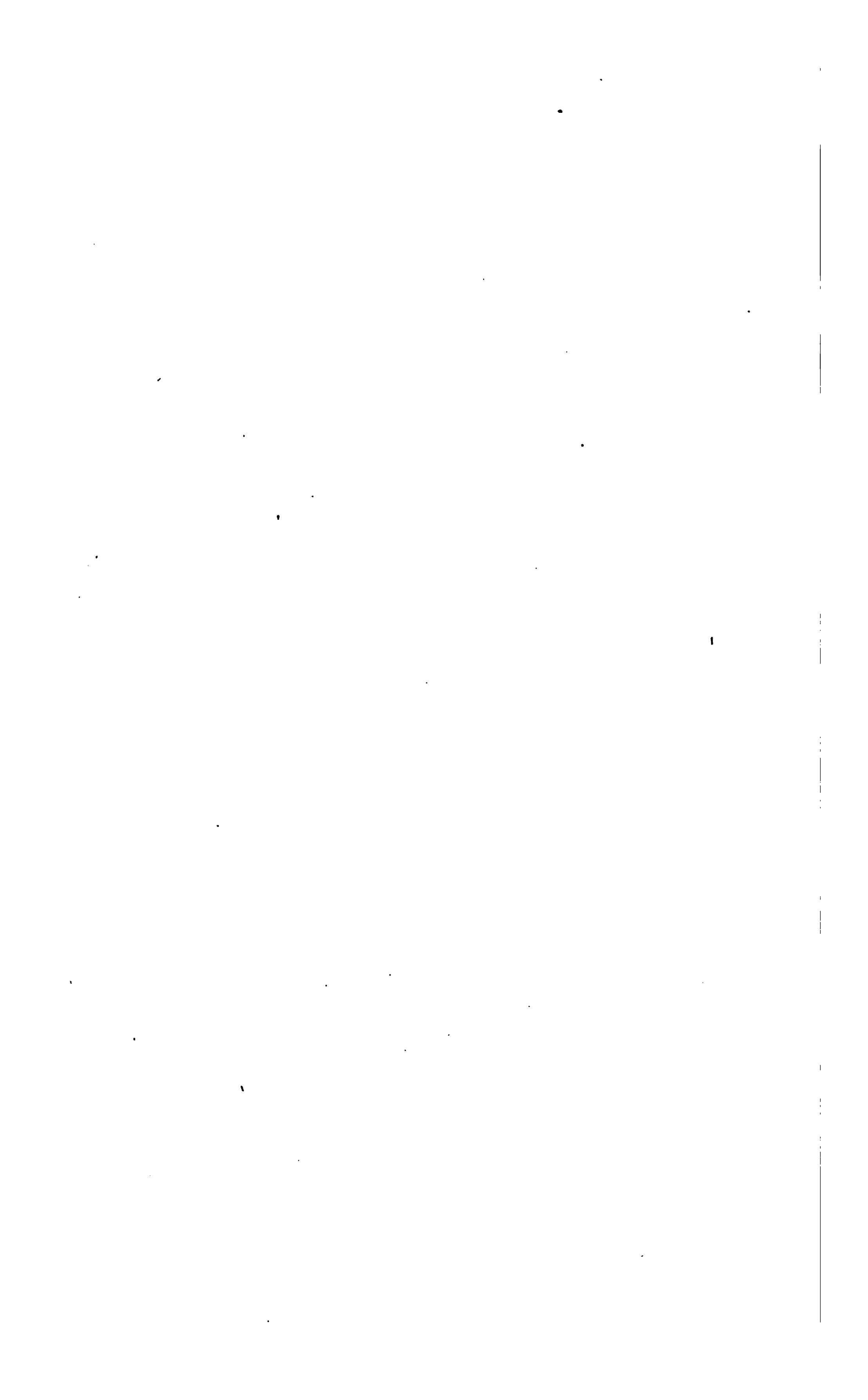
Anhang.

Die Entschwefelung des Roheisens.

Einleitung.

Die Benutzung eines aus den Erdbasen Kalkerde und Magnesia bestehenden Futters begründet in der Hauptsache die Möglichkeit, den im Roheisen enthaltenen Phosphor durch Oxydation vermittelst des Bessemerfrischprocesses zu entfernen, während das aus Kieselsäure bestehende Futter, welches beim älteren Bessemerprocess zur Anwendung kommt, die Abscheidung von Phosphor verhindert. Mit Rücksicht auf diese Erfahrung pflegt man die von dem Engländer Thomas erfundene Modification des Bessemerprocesses, bei welcher eine mit dem zuerst genannten Futter versehene Birne gebraucht wird, kurzweg den basischen, die ältere Methode dagegen den sauren Process zu nennen.

Die Erfindung und Entwickelung des basischen Bessemerprocesses fällt erst in die Zeit nach dem bereits 1877 erfolgten Abschlusse des Werkes über die Darstellung des schmiedbaren Eisens, in welchem daher nur der saure Process beschrieben ist. Das basische Verfahren hat indessen in der kurzen Zeit seines Bestehens einen so bedeutenden Umschwung in dem gesammten, namentlich aber in dem deutschen Eisenhüttenwesen hervorgerufen, dass jetzt, nachdem seine Ausbildung in der Praxis im Wesentlichen abgeschlossen ist, eine genaue Beschreibung und kritische Erörterung der dabei benutzten Vorrichtungen, stattfindenden Vorgänge und Arbeiten, gerechtfertigt erscheinen wird.



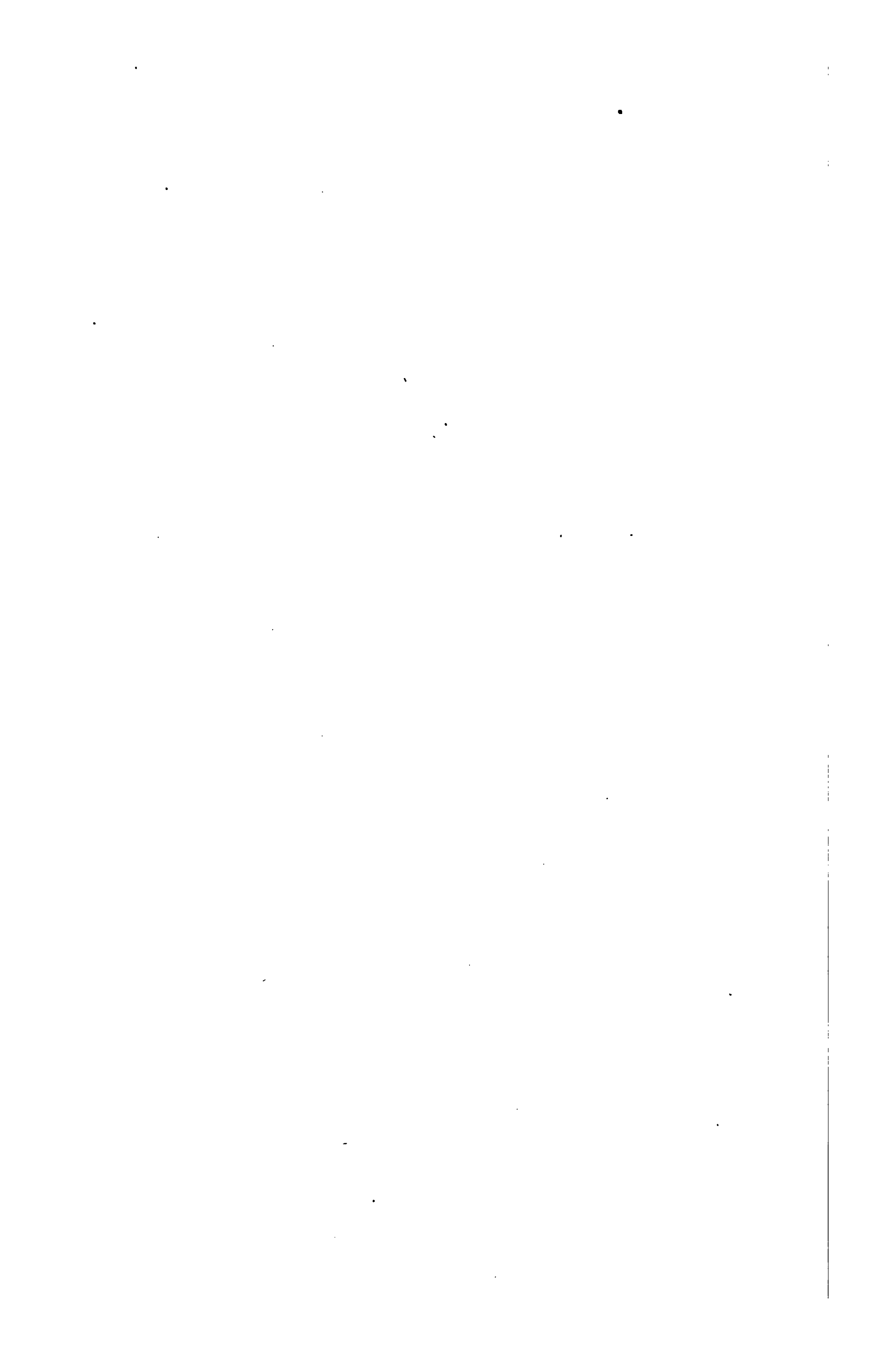
ERSTER ABSCHNITT.

DIE

ENTPHOSPHORUNG DES EISENS

BIS ZUR EINFÜHRUNG

DES BASISCHEN BESSEMERPROCESSES.



Aeltere Entphosphorungsverfahren.

Beim Abschluss des Abschnittes „Das Bessemern" in dem 1877 erschienenen Werke über die Darstellung des schmiedbaren Eisens [1]) musste zwar die Nothwendigkeit, Mittel und Wege für die Ausdehnung des Bessemerns auf phosphorhaltige Roheisensorten zu finden, anerkannt, gleichzeitig aber nach dem damaligen Stande der Sache auch die Aussichtslosigkeit, dieses Ziel mit den bekannten Hülfsmitteln zu erreichen, betont werden.

Ein Rückblick auf die damals vorliegenden praktischen Möglichkeiten, den Phosphor aus den Erzen in irgend einem Stadium, von ihrer Gewinnung an bis zur Fertigstellung des fertigen Products in Form von schmiedbarem Eisen, zu entfernen, gewährt das folgende Bild.

Vorbereitung der Erze.

Aus den Erzen lässt sich der Phosphor durch Auslaugung nach dem Jacobi'schen Verfahren mittelst verdünnter Säuren ausziehen, wenn die Erze frei von Carbonaten sind. Das in der zweiten Abtheilung des Handbuchs der Eisenhüttenkunde, S. 509, angedeutete Verfahren wurde im Grossen zu Kladno, wie folgt, ausgeführt:

Die den Phosphor in Form von Aluminiumphosphat enthaltenden Erze wurden nach ihrer Röstung in grossen gemauerten und mit Cement ausgekleideten Laugekästen von 22 m Länge, 15,5 m Breite und 2 m Tiefe, auf deren doppeltem Lattenboden die Stücke auflagen, und die im Uebrigen ganz mit Wasser gefüllt waren, mit schwefliger Säure behandelt, welche durch Erhitzen von Schwefelkies bei Luftzutritt erzeugt, in Koksthürmen von niederrieselndem Wasser absorbirt und vier bis sechs Wochen lang in die Laugekästen geleitet wurde. Der Eintritt

[1]) S. 333 bis 463.

des sauren Wassers erfolgte am Boden, der Abfluss der Lauge am oberen Rande der gegenüberliegenden Seite. Je vier Laugekästen, welche im Rechteck gruppirt waren, bildeten ein System in der Weise, dass das frische saure Wasser die am meisten ausgelaugten, die gesättigtste Lauge die frischen Erze traf. Von den drei Procenten Phosphor der Erze löste sich der grösste Theil, so dass nicht mehr als 0,28 bis 0,4 Proc. im Rückstande verblieben. Die gesättigte Lauge wurde abgezapft und zur Düngerfabrikation verwerthet[1]; die rückständigen entphosphorten Erze wurden mit klarem Wasser ausgewaschen.

Das Verfahren hat über die Grenzen des Hüttenwerks Kladno bei Prag hinaus keine Ausdehnung erlangt, weil die Beschaffenheit der Erze anderen Orts ungeeignet war oder von Natur phosphorfreiere Erze billigere Beschaffung gestatteten, als die Kosten des Auslaugeverfahrens phosphorhaltiger Erze betrugen. Das Verfahren ist sogar zu Kladno selbst noch vor Erfindung des basischen Bessemerprocesses wegen mangelnder Rentabilität wieder eingestellt und nur für die Darstellung von Düngesalzen beibehalten worden.

Die übrigen vorgeschlagenen Auslaugeverfahren[2]) hatten sich überall als unökonomisch bewiesen.

Wo der Phosphor in Form von Phosphorit den Erzen grob mechanisch beigemengt war, hatte eine Klaubarbeit (wie bei den Erzen von Gross-Bülten bei Peine) oder eine Wäsche (wie bei den Eisensteinen der Lahn) eine Herabminderung des Phosphorgehalts, aber keine Entfernung desselben zu Wege gebracht.

Reductionsarbeiten.

Hochofenprocess.

Mit den angegebenen Ausnahmen gelangte der Phosphorgehalt der Erze, der Brennmaterialien und der Zuschläge in den Hochofen und wurde hier vollständig reducirt[3]), falls nicht ein unerwünschter und

---

[1]) Beim Eindampfen blieb nach Austreibung der schwefligen, wieder in Koksthürmen absorbirten Säure ein Rückstand von:

0,57	Proc.	Eisenoxyd,
0,61	„	Thonerde,
1,51	„	Kieselsäure,
13,28	„	Kalkerde,
12,28	„	Magnesia,
50,60	„	Schwefelsäure,
0,14	„	Phosphorsäure,
21,09	„	Wasser.

[2]) Vergl. Abthl. II, S. 509. — [3]) Vergl. Abthl. II, S. 592 bis 599.

auf die Dauer unhaltbarer Rohgang eintrat. Die Aussicht, eine Phosphorreduction im Hochofen zu verhindern oder eine erneute Phosphoroxydation im Gestell des Hochofens herbeizuführen, war und ist innerhalb der Grenzen ökonomischer Ausführbarkeit nicht zu erwarten.

Es ist dies erklärlich, da sich aus metallischem oder oxydirtem Eisen bei Gegenwart freien Kohlenstoffs und Kieselsäure stets Phosphate reduciren und Phosphoreisen bilden. Im Hochofen wird diese Reaction durch die hohe Temperatur noch wesentlich begünstigt, und es ist für den Uebergang des Phosphors in das Eisen ganz gleichgültig, an welche Elemente die Phosphorsäure vorher gebunden war, d. h. ob in der Beschickung Eisen-, Mangan-, Kalk-, oder Aluminiumphosphate vorhanden waren. Die Annahme [1]), dass Phosphor sich verflüchtige, ist durch sorgfältige Untersuchungen von Hilgenstock [2]) widerlegt worden. Die Schlacke nimmt zwar Phosphorsäure auch bei Gargang auf, aber die Menge beträgt unter gewöhnlichen Verhältnissen noch nicht $^1/_{10}$ des Phosphorgehalts im Roheisen; erst wenn Ferrophosphor mit sechs und mehr Procent Phosphor erzeugt wird, kann der Gehalt der Schlacke über 1 Proc., selbst bis $2^1/_2$ Proc. steigen.

Auch eine sehr basische Schlacke hilft beim Hochofenprocess nichts, da selbst bei einem grossen Ueberschuss von Kalk und Magnesia sich der Phosphor in der Schlacke stets als Phosphorsäure vorfindet, d. h. der reducirte Phosphor in das Roheisen übergeht. Es lässt sich daher durch Herstellung einer basischen Schlacke ein phosphorärmeres, aber kein phosphorfreies Roheisen herstellen.

Die Wandungen des Hochofens sind sauer und ergänzen die Schlacke deshalb, wenn es in der Beschickung an Kieselsäure fehlen sollte, zu einem Singulosilicate. Eine bei nur basischer Ausfütterung basischer zusammengesetzte Schlacke würde einen zu hohen Schmelzpunkt zur Durchführung eines guten Ofenganges erhalten, übrigens aber wegen der dann anzuwendenden hohen Temperatur bei Gegenwart von Kohle und Kohlenoxyd ebensowenig die Erzeugung eines phosphorfreien Roheisens ermöglichen, wie eine Singulosilicatschlacke.

Anders stellt sich das Verhältniss, wenn Rohgang eintritt und eine eisenhaltige Schlacke entsteht, welche fähig ist, Eisenoxyde aufzunehmen. Dann beginnen die Reactionen des Frischprocesses und die Schlacke kann grössere Mengen Phosphorsäure enthalten, zumal wenn sie bei starkem Rohgange wirklich freies unreducirtes Eisenoxyd umschliesst. Eine solche eisenhaltige Schlacke ist auch bei starker Abkühlung des Ofens noch schmelzbar, und mit dem Sinken der Temperatur lässt die Reduction der Phosphorsäure nach. Beide Umstände kommen also zu-

---

[1]) Zeitschr. des berg- und hüttenm. Vereins für Steyermark und Kärnthen 1876, S. 230. — [2]) Bericht über die Generalversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 9. December 1883. Vergl. auch Abth. II, S. 594.

sammen und bilden thatsächlich den Uebergang zu den Erscheinungen der Rennarbeit, welche als vollkommener Rohgang bezeichnet werden kann.

Die Versuche, den Phosphor durch andere Hülfsmittel, namentlich durch Flussspath, durch Cyan bildende Zuschläge oder durch Salzsäuredämpfe zu verflüchtigen, sind, soweit sie überhaupt ausführbar waren, ohne praktischen Erfolg geblieben, theils wegen zu hoher Kosten bei immerhin sehr geringer Wirksamkeit, theils wegen der Gefahr in der Anwendung sehr giftiger Mittel. Jedenfalls ist die Wirkung des Flussspaths mehr als zweifelhaft und keineswegs mit Sicherheit nachzuweisen.

Cyan, in der Form des Cyanammoniums, hat S. Stein in Bonn vorgeschlagen. Es soll nicht als solches zugesetzt, sondern aus Titan, Pottasche und überhitztem Wasserdampf erst gebildet werden [1]).

Stein geht von der Ansicht aus, dass ein Phosphorgehalt in den Hochofenschlacken nicht von deren Eisengehalt, sondern von deren Basicität überhaupt abhängig sei [2]) und schlägt deshalb vor, ausser den genannten Materialien oder vielmehr mit denselben zusammen Dolomit, Witherit oder Bauxit in reichlicher Menge zu benutzen. Die Benutzung einer wesentlich über das Verhältniss des Singulosilicats hinausgehenden basischen Schlacke wird aber, selbst wenn deren Bestehen durch Ausfütterung des Hochofens mit basischen an Stelle von sauren Gestellsteinen gesichert wäre, wie oben erörtert, an deren hohem Schmelzpunkt scheitern. — Ein praktischer Erfolg ist daher auch bei den wenigen mit dem Verfahren angeblich zu Ars in Lothringen angestellten Versuchen ebenso wenig erzielt worden, wie bei der Benutzung von Salzsäure oder von Chloriden [3]).

Rennarbeit.

Die Eigenthümlichkeit der Rennarbeit, in Gegenwart einer eisenreichen basischen Schlacke und bei niederer Temperatur eine Reduction der Phosphorsäure des angewendeten Erzes auszuschliessen [4]), hat zwar wesentlich dazu beigetragen, immer von Neuem Versuche zur Wiedereinführung derselben in das moderne Eisenhüttenwesen zu machen; aber alle diese Anstrengungen mit Ausnahme einzelner durch besonders günstige Verhältnisse in Bezug auf reiche und reine Erze begünstigter Fälle waren vergeblich und hatten nur da Erfolg, wo unter Benutzung eines Roheisenbades eine Flusseisen- oder Erzstahlarbeit zu Hülfe genommen wurde [5]); denn selbst durch die Mischung des kohlenstoffreichen Eisens mit den im Erze enthaltenen Gangarten muss vorhandene Phosphor-

---

[1]) D. R.-P. Nr. 4713, 8607, 9499. — [2]) Vergl. Verh. des Vereins zur Bef. des Gewerbfleisses 1881, S. 531. — [3]) Vergl. Abth. II, S. 598. — [4]) Vergl. Abthl. I, S. 573. — [5]) Vergl. Abth. III, S. 555 u. f. und Verhandl. des Vereins z. Bef. des Gew. 1884, Sitzungsber. S. 12.

säure reducirt werden, so dass auch von der Benutzung einer solchen Rennarbeit ein Erfolg nicht zu erwarten und thatsächlich auch nirgends erzielt worden ist, sobald phosphorreiche Erze verwendet wurden.

In welcher Weise bei den alten Rennarbeiten die Reduction der Phosphorsäure verhindert wurde, ist bei Erörterung dieser Methode mehrfach erläutert worden. Die Abscheidung der Phosphorsäure gründet sich hier auf den grössten Uebelstand der Rennarbeit, nämlich auf den Eisenverlust, ist daher unmittelbar mit diesem verwachsen. Hebt man die Eisenverschlackung auf, so geht auch gleichzeitig der Vortheil der Phosphorabscheidung verloren.

Oxydationsarbeiten.

Eine Entphosphorung des Eisens bleibt, mit Ausnahme der im Vorhergehenden angeführten besonderen Fälle, lediglich den Oxydationsarbeiten des Roheisens überlassen; und mit diesen, den Frischprocessen, war es auch schon längst gelungen, aus einem phosphorhaltigen Roheisen ein brauchbares schmiedbares Eisen zu erzeugen, so lange es sich darum handelte, Schweisseisen darzustellen[1]); der Versuch aber, das Gleiche bei der Erzeugung des Flusseisens zu erreichen, scheiterte bis zur Erfindung des basischen Bessemerprocesses stets.

Feinen.

Die Erfahrung hatte gelehrt, dass am Schlusse des Feinprocesses, d. h. nach Beendigung der Oxydation des Siliciums aus einem dem Frischen unterworfenen Roheisen und vor Beginn der Entkohlung durch Bildung von Kohlenoxyd der Phosphor oxydirt, verschlackt und unter günstigen Umständen in dieser Form entfernt werden könne.

Dass während des Feinens selbst kein Phosphor entfernt werde, war in älteren Zeiten nicht festgestellt und auch von Karsten noch zweifelhaft gelassen worden, wurde aber durch die auf Veranlassung des Verfassers 1866 in Königshütte in Oberschlesien angestellten Versuche[2]) als unzweifelhaft nachgewiesen, so dass jede Aussicht, im Feinfeuer oder Feinflammofen eine Entphosphorung ausführen zu können, schwinden musste.

Man konnte dagegen voraussetzen, dass eine Entfernung der Schlacke in dem kurzen Zeitraume zwischen Beendigung der Entkieselung und Beginn der Entkohlung zur Entfernung des Phosphors führen würde, weil zu dieser Zeit sowohl beim Herdfrischen als beim Puddeln der entsprechende chemische Vorgang nicht nur stattfand, sondern auch zu

---

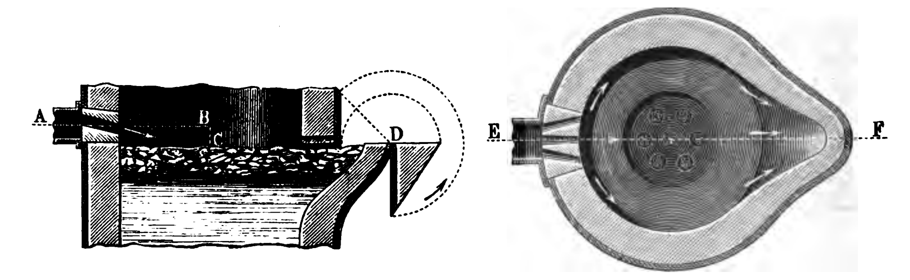
[1]) Vergl. Abth. III, S. 18. — [2]) Vergl. Abth. III, S. 42 und 244.

dem angegebenen Zwecke benutzt wurde, indem man nach Vollendung der Feinperiode beim Herdfrischen die **Rohschlacke** abstach, beim Puddeln über die Schwelle des Ofens oder über die Fuchsbrücke austreten liess. Wegen der unvollkommenen Trennung von Eisen und Schlacke bei beiden Processen konnte das Zurückbleiben eines erheblichen Theiles des Phosphors im Eisen nicht auffallen [1]).

Die von dem Verfasser schon 1865 vorgeschlagene Uebertragung desselben bei der Schweisseisenerzeugung mit Vortheil verwertheten Verfahrens auf den Bessemerprocess, also auf Flusseisenerzeugung, führte nicht zum Ziel.

Abgesehen von dem praktischen Misserfolge trotz der besonders dazu construirten, in Fig. 1 und 2 abgebildeten Vorrichtung an dem Bessemerapparate [2]) war auch die theoretisch erwartete Wirkung der

Fig. 1. Fig. 2.
Vorrichtung zur Entphosphorung in der Bessemerbirne.



Verticalschnitt nach *EF*. Horizontalschnitt nach *ABD*.

Phosphorabscheidung nicht zu erreichen [3]). Damals glaubte man die Ursache in der zu hohen Temperatur und in dem allzu schnellen Verlauf der Oxydation finden zu müssen, heute weiss man, dass der Vorgang der Phosphorabscheidung einfach durch die Kieselsäure des Birnenfutters gehindert werden musste.

Als viel später der wahre Grund erkannt wurde, fehlten dann noch die Mittel zu einer praktischen Abhülfe des Uebelstandes.

Den ersten praktischen Schritt thaten im Jahre 1877 ziemlich gleichzeitig **Krupp** in Deutschland und **Bell** in England, indem sie den Feinofen mit eisenoxydreichem Futter und eisenoxydhaltigen Zuschlägen versahen, und so die freie Kieselsäure ausschlossen.

---

[1]) Vergl. Abth. III, S. 231. — [2]) An der Rückenwand sollten drei Gebläsedüsen, an der Vorderwand eine Klappe angebracht sein. Nach Oeffnung der letzteren sollte die auf dem Eisen schwimmende Schlacke ausgeblasen werden. Die dann fehlende Schlacke sollte durch Zusatz reiner Eisenschlacke ersetzt werden. — [3]) Vergl. Abth. III, S. 462.

Den Gedanken hierzu fasste nach eigener Mittheilung ein Beamter Fr. Krupp's, Ingenieur Narjes, ein früherer Schüler der Bergakademie zu Berlin auf Grund der Vorträge über Eisenhüttenkunde, worin die Hindernisse der Entphosphorung auseinandergesetzt und der Weg zur Erreichung derselben durch Anwendung von Schlackenfuttern angedeutet worden war[1]), und führte ihn mit seinem Collegen Bender in einer solchen Weise durch, dass alle praktischen Schwierigkeiten überwunden wurden und dass in zwei Jahren — d. h. bis der basische Bessemerprocess in neues Feld aufschloss — 17000 Tonnen Roheisen ohne Anstand entphosphort werden konnten.

Am 16. und 17. März 1877 wurde auf dem Krupp'schen Werke zu Essen die erste Hitze in grossem Maassstabe mit 4000 kg Material ausgeführt und aus einem 0,7 Proc. Phosphor haltenden Roheisen ein gefeintes Eisen von 0,134 Proc., bei einer Kohlenstoffverminderung von 3,10 auf 3,03 Proc., hergestellt. Am 22. März desselben Jahres hielt Bell seine erste epochemachende Rede im Iron and Steel Institute, in welcher er erst die Grundzüge seines Processes zur Reinigung des Roheisens durch Eisenoxyd, indessen mit Verlust von 17 Proc. Kohlenstoff bei 44,7 Proc. Phosphor angab. Vom 11. April 1877 datirt Bell's Provisional Specification, vom 2. Juli desselben Jahres Krupp's Deutsches Reichspatent.

Krupp'scher Process.

Der Patentanspruch des Krupp'schen Patentes[2]) kennzeichnet genau die Eigenthümlichkeiten des Verfahrens gegenüber früheren Versuchen. Er lautet: „Ein Verfahren zum Entphosphorn des Roheisens, bei welchem das Roheisen in flüssigem Zustande zugeführt, das gleichzeitig mit einer Feinung (Desilicirung ohne eine solche Verringerung des Kohlenstoffgehaltes, durch welche die chemische oder physikalische Eigenthümlichkeit gefeinten Eisens verloren geht) entphosphorte Product im flüssigen Zustande abgeführt, und welches in einem rotirenden Ofen unter Zuhülfenahme von Eisen- und Manganoxyden, theils als Herdbildner, theils als Zuschläge, ausgeführt wird.“

Das Verfahren, welches zuerst vom Verfasser ausführlich in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses[3]) veröffentlicht, später auch von Holley[4]) beschrieben worden ist, umfasst folgende Vorgänge und Apparate:

Material. Das Roheisen, welches verwendet wird, sollte mindestens 0,3 Proc. Mangan enthalten, macht sich aber am besten mit 1 Proc.,

[1]) Vergl. Verhandl. d. Vereins zur Beförder. des Gewerbfl. 1879, S. 201. — [2]) D. R.-P. Nr. 4391. — [3]) 1879, S. 202. — [4]) Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. VIII, 1880, p. 156.

während der Kohlenstoff so hoch als möglich, wenigstens 2,7, am besten 3 Proc. betragen muss. Bei 2,5 Proc. war der Process indessen auch noch ausführbar.

Einschmelzen des Roheisens. Das Roheisen muss flüssig in den Entphosphorungsofen gelangen, daher entweder in diesem Zustande vom Hochofen entnommen oder — wie das in Essen der Fall war — umgeschmolzen werden. Zu letzterer Operation dient ein 4 m hoher Kupolofen, aus dessen Vorherd das Roheisen in die es dem Entphosphorungsofen zuführende Rinne abgestochen wird.

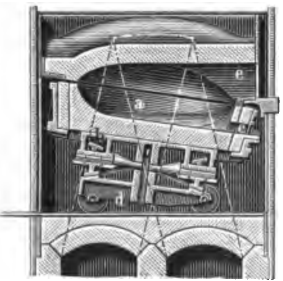
Der Ofen arbeitet discontinuirlich, d. h. es werden stets nur so grosse Einsätze gegeben, als für jede Hitze verarbeitet werden sollen, der Regel nach 5000, ausnahmsweise 7000 kg. — An Koks gingen zu Essen 8 Proc. des Roheisens auf, und die Schmelzung war in $1^1/_2$ Stunden vollendet.

Der Regel nach wird ein geringer Kalkzuschlag gegeben. Der Siliciumgehalt des Roheisens soll nämlich möglichst niedrig sein und 1 Proc. nicht übersteigen; um daher die bekanntlich schon im Kupolofen stattfindende geringe Siliciumoxydation durch Bildung einer leichtflüssigen Schlacke zu befördern, giebt man etwas Kalkstein mit auf.

Entphosphorungsöfen. Der Entphosphorungsofen ist ein rotirender Tellerofen [1]) mit geneigter Axe (Fig. 3 u. 4). Der Teller *a* hat einen äusseren Herddurchmesser von 3,75 m, eine lichte Weite von 3 m, eine äussere Randhöhe von 0,9 m und eine lichte Tiefe von 0,61 m. Die

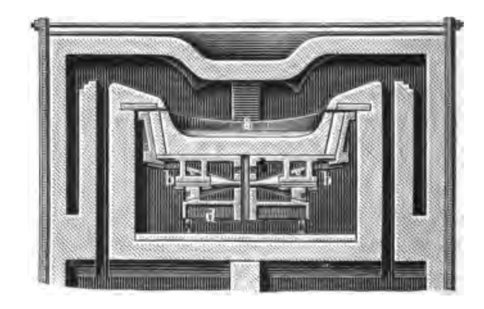
Fig. 3. Fig. 4.

Krupp'scher Entphosphorungsofen.





Schnitt durch den Abstich.



Schnitt durch die Gaszüge.

Neigung ist = 1 : 10. Der Herd hat einen dem Teller parallelen ebenen Boden, der sich mit etwas gerundeten Kanten an die nach aussen geneigte Seitenwandung anschliesst. Seine Herstellung geschieht in der Weise, dass grössere Stücke Erz von etwa 30 cm Dicke auf den mit Thon überzogenen Eisenboden gelegt und die Zwischenräume mit Erz-

[1]) Vergl. Abth. III, S. 326.

klein ausgefüllt werden; das Ganze wird dann bei starkem Feuer zu einer circa 29 cm starken Schicht zusammengefrittet, nochmals mit etwas leichter schmelzbarem Erzpulver überstreut und gleichsam glasirt.

Die Feuerung des Ofens erfolgt durch Steinkohlengas. Die vier Wärmespeicher halten 24 cbm. Der Herd steht auf einem Wagen und kann leicht herausgefahren werden. Er schliesst mit seinem Rande nicht ganz dicht an den feststehenden Theil des Ofens an, was indessen, da die Gase einen geringen Ueberdruck haben, nur einen kleinen Verlust an Brennstoff mit sich führt. Die Drehung des Herdes erfolgt durch eine Dampfmaschine mit Getriebübersetzung.

Zuschläge. Ist der Herd fertig aufgeschmolzen, so kommen — und das wiederholt sich vor jeder Hitze — 700 bis 800 kg Erz als Zuschlag auf den Herd, welche gleichmässig vertheilt und nochmals bis zur beginnenden Sinterung erhitzt werden. Bei sehr phosphorreichem Roheisen muss die Menge vergrössert werden und steigt bis über 1000 kg, bei sehr siliciumreichem Roheisen giebt man Kalk mit auf.

Die Zuschläge werden im fortlaufenden Gange des Processes stets nach dem Abstich aufgebracht und dienen gleichzeitig zur Reparatur des Herdes. Man bringt sie daher besonders an die schadhaften Stellen, welche sich der Regel nach an der dem Abstich entgegengesetzt liegenden Seite befinden. Ein flacher eiserner Löffel wird zu diesem Zwecke auf eine eiserne vor der Thür des Ofens angebrachte Stange gestützt, mit den Zuschlägen gefüllt, eingeführt und umgekehrt. Das Erz ist ein wenig angefeuchtet, um nicht von dem natürlichen Zuge — das Gas ist inzwischen abgestellt — in die Wärmespeicher geführt zu werden. Sind die schadhaften Stellen ausgefüllt, so wird der Rest der Zuschläge unter langsamem Drehen des Herdes allmählich gleichmässig vertheilt. Die ganze Operation erfordert 16 bis 20 Minuten.

Die Zuschläge bestehen aus sehr reichen, im Uebrigen beliebig phosphorreichen Eisen- und Manganoxyden, meist spanischen Erzen mit etwas Hammerschlag. Man gattirt so, dass der Kieselsäuregehalt zwischen 6 und 15 Proc. liegt. Ist mehr Kieselsäure vorhanden, so bringt man, wie bei siliciumreichem Roheisen, genügend viel Kalk in den Ofen, um die überschüssige Kieselsäure als Singulosilicat zu binden. Bei geringerem Gehalt an freier Kieselsäure als 6 Proc. sintert das Erz nicht genügend.

Sobald die Besetzung des Herdes mit den Zuschlägen vollendet ist, wird der Ofen in langsame Umdrehung (3 bis 4 Umgänge in der Minute) gesetzt und das Erz bei starker Weissglut gesintert.

Entphosphorungsprocess. Das im Kupolofen geschmolzene Roheisen wird durch eine Rinne in den Ofen gelassen, während das Stichloch, welches durch einen Gestübbepfropfen verschlossen ist, nach oben steht.

Ein durch das heftige Einfliessen hervorgerufenes Blasenwerfen hört sobald auf, als alles Roheisen im Ofen ist. Der Herd, welcher schon

während dessen in langsame Bewegung versetzt war (2 bis 5 Umdrehungen in der Minute), wird jetzt schneller gedreht (10 bis 11 Umdrehungen in der Minute). Es zeigen sich auf der Oberfläche Schlackenflecken, welche an Grösse schnell wachsen.

Nach $2^1/_2$ bis 3 Minuten beginnt das Eisen zu steigen und bei siliciumreichem Eisen fliesst sogar die Schlacke über den Rand des Herdes. Das Steigen darf nicht früher als zwei Minuten nach Vollendung des Einfüllens von Roheisen in den Ofen beginnen. Geschieht das, so wird die Umdrehungszahl des Ofens gemindert.

Das Steigen dauert etwa zwei Minuten, dann fällt das Bad wieder und Kohlenoxydgasblasen beginnen nun aufzusteigen. Will man möglichst entphosphorn ohne zu entkohlen, so muss jetzt abgestochen werden, kommt es aber nicht darauf an, den Kohlenstoffgehalt etwas zu vermindern, um gleichzeitig den Phosphorgehalt noch weiter herunterzubringen, so fährt man mit der Operation fort. Die Blasen, welche an der Oberfläche platzen und eine blaue Flamme entsenden, wachsen an Grösse und haben bald 15 bis 20 cm Durchmesser. Eisenkügelchen werden emporgeworfen und bald ist die ganze Oberfläche mit kleinen Springbrunnen besetzt, die oft über 20 cm hoch aufspritzen, während die Zahl und Grösse der Blasen ebenfalls zunimmt. Plötzlich entwickelt sich überall eine grosse Menge Kohlenoxyd unter heftigem Aufspritzen und dieses sehr leicht kenntliche Merkmal ist das Zeichen zum Aufhören.

Das Abstichloch wird an der tiefsten Stelle gedreht und der Abstich so schnell als möglich ausgeführt. Wartet man nur etwas länger, so beginnt ein vollkommenes Frischen und das Bad friert ein.

Die ganze Operation bis zum Beginn der Kohlenoxydentwickelung dauert 5, bis zur möglichst vollendeten Entphosphorung 8 bis 10 Minuten. Das Stillstellen des Ofens und das Oeffnen des Abstichs verlangt 2, das Abstechen selbst weitere 3 Minuten.

Abstich und Verwendung des Productes. Das Eisen ist nach der Vollendung der Operation viel heisser als am Anfange. Es fliesst daher sehr leicht auf einem Gerinne in das auf Rädern ruhende oder an einem Krahne hängende Sammelgefäss. Man hält die Schlacke durch eine gewöhnliche Schleusenschaufel zurück, lässt den Rest wohl auch über den Rand des Sammelgefässes abfliessen. Das Eisen gelangt dann bei Krupp in den Flammofenflusseisenofen, wo es in üblicher Weise durch Zusatz von Erzen und Schmiedeisenabfällen in ein Metall von geeignetem Kohlenstoffgehalte, meist zu directem Façonguss, umgewandelt wird [1]).

---

[1]) Es möge erwähnt werden, dass 12 Oefen bei Krupp in der gleichen Hütte mit dem Entphosphorungsapparat stehen und zwar in zwei Reihen mit dazwischen liegender Giessgrube. Wird entphosphortes Eisen benutzt, so erhält jeder Ofen einen vollen Satz desselben, also der Regel nach 5 bis $5^1/_2$ Tonnen, ausserdem 2 bis $2^1/_2$ Tonnen nicht vorgewärmte Abfälle und $^1/_2$ Tonne Erze

Sollte es zum Puddeln benutzt werden, so wurde es in eine Reihe von eisernen Ganzformen abgestochen, wo es erkaltete, um nachher wieder eingeschmolzen zu werden und zwar nicht im Puddel-, sondern in einem besonderen Kupolofen.

Production. Die ganze Hitze, einschliesslich der Reparatur und des Besatzes des Herdes dauert $^5/_4$ Stunden, so dass 18 Hitzen in 24 Stunden gemacht werden können, welche durchschnittlich 80 bis 90 Tonnen Product liefern. Der Eisenabgang richtet sich nach dem Silicium-, Phosphor- und dem etwa verbrennenden Kohlenstoffgehalt. An Eisen werden höchstens $1^1/_2$ bis 2 Proc. verloren, wahrscheinlich wesentlich nur durch mechanische Einschlüsse in der Schlacke.

Chemische Vorgänge. Von den Gegnern der Patentertheilung war seinerzeit die Unausführbarkeit des Processes geltend gemacht, weil eine Entphosphorung ohne Entkohlung nicht möglich sei. Zur Feststellung der Wahrheit wurde deshalb vom Kaiserlichen Patentamte zu Berlin eine Kommission nach Essen entsandt, welche aus dem Geh.-Regierungsrath Prof. A. W. Hofmann und dem Verfasser bestand.

Es wurden sehr sorgfältige Proben entnommen, welche jede Möglichkeit eines Irrthums ausschlossen [1]) und diese von Prof. Dr. Finkener zu Berlin analysirt. Da es dem Patentinhaber darauf ankam, nicht die vollkommenste Entphosphorung, sondern eine Entphosphorung ohne Entkohlung nachzuweisen, wurde der Process bei Beginn der Kohlenoxydgasentwickelung, also früher als bei dem regelmässigen Betriebe unterbrochen.

Drei Proben zeigten folgende Zusammensetzung nach je zwei Analysen:

		Kohlenstoff	Phosphor
I	vor dem Processe	3,99 Proc.	0,632 Proc.
		3,98 „	0,629 „
	nach „ „	3,75 „	0,131 „
		3,77 „	0,133 „
II	vor dem Processe	3,81 „	0,450 „
		3,78 „	0,445 „
	nach „ „	3,56 „	0,108 „
		3,57 „	0,106 „
III	vor dem Processe	3,17 „	1,223 „
		3,16 „	1,218 „
	nach „ „	3,02 „	0,303 „
		3,04 „	0,301 „

oder 7 bis 8 Tonnen entphosphortes Eisen und 1 Tonne Erze ohne Abfälle, was in 7 Stunden zugute gemacht wird, so dass 3 Hitzen in 24 Stunden erfolgen.

[1]) Vergl. Verhandl. d. Vereins zur Bef. d. Gewerbefl. 1879, S. 203.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	Spur

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	Spur	[illegible]	Spur

[illegible]

	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	—
[illegible]	[illegible]	—

[illegible]	[illegible]	[illegible]	Mangan
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] 0,19
[illegible]	[illegible]	[illegible]	Spur

[illegible] — [illegible] Sättigungs-
[illegible]

Im grossen Durchschnitt kommt Roheisen mit 0,7 bis 0,8 Procent Phosphor zur Verwendung, der auf 0,1 bis 0,15 Proc. hinabgebracht wird.

Die sämmtlichen Beobachtungen lehren, dass die Theorie richtig geurtheilt hatte, nach welcher zuvörderst Silicium und Mangan, dann ohne oder ohne wesentliche Verminderung des Kohlenstoffgehaltes Phosphor verschlackt werden musste. Neu war, dass der Phosphorgehalt sich noch weiter hinabbringen lasse, wenn etwas Kohlenstoff geopfert werde. Das widersprach vielen früher gemachten Experimenten und wird bei der Beurtheilung der chemischen Vorzüge des basischen Bessemerprocesses beachtet werden müssen.

Bell'scher Process. Gleichzeitig mit Fr. Krupp war Lothian Bell mit Versuchen zur Entfernung des Phosphors beim Feinprocesse vorgegangen [1]). Sein praktisches Verfahren war aber ein ganz anderes, da das Roheisen nicht auf einen mit festen Oxyden bedeckten Herd abgestochen, sondern mit geschmolzenen Oxyden (Eisenschlacken) in Schaukelöfen gemengt werden sollte.

Trotz des Misslingens dieser Versuche in ökonomischer Beziehung sind doch die Resultate für die Entwickelung der Theorie von grosser Tragweite geworden. Direct vom Hochofen entnommenes Roheisen wurde mit geschmolzenen Eisenoxyden behandelt. Es zeigte sich im Durchschnitt von je vier Experimenten eine Verminderung des

Kohlenstoffs von 3,637 auf 3,227 Procent,
Phosphors „ 1,351 „ 0,109 „

d. h. ersterer um 11, letzterer um 91 Proc. Mit dem Fortschreiten der Kohlenstoffoxydation liess sich auch noch der Phosphor weiter entfernen, wie die folgenden Analysen zeigen:

	Kohlenstoff	Silicium	Schwefel	Phosphor
Roheisen	3,264	1,493	0,113	1,516
1. Probe	3,035	0,138	0,091	1,088
2. Probe	3,091	0,032	0,083	0,782.
3. Probe	2,686	0,032	0,062	0,432
4. Probe	1,273	0,009	0,024	0,065

Hiernach war also schliesslich der Phosphor um 95 Procent vermindert worden.

Bell constatirt, dass die Eisenoxyde in den verschiedenen Formen ziemlich gleich wirksam seien. Er wandte Erze verschiedener Art, Walzsinter und Hammerschlag mit gleichem Erfolge an.

[1]) Journal of the Iron and Steel Institute 1877, p. 108 etc.

Der Beweis für die Abscheidbarkeit des Phosphors am Schlusse der Feinperiode bei basischer Schlacke durch Oxydation vermittelst des Sauerstoffs von Eisenoxyden war hiermit geführt. Der Gedanke lag nahe, nun auch beim Bessemern mit einem eisenoxydreichen Futter, welches vom Verfasser übrigens schon 1872 vorgeschlagen war [1]), Versuche anzustellen, als ganz unerwartet durch den Engländer Thomas der Nachweis geführt wurde, dass es der schwierigen Innehaltung jener kurzen Zeit zwischen Entkieselung und Entkohlung gar nicht bedürfe, sondern dass eine viel günstigere Zeit für die Entphosphorung nach Vollendung der Entkohlung gefunden werden könne. Mit dieser Entdeckung wurden alle weiteren Versuche in der angegebenen Richtung überflüssig, und selbst die Krupp'sche Combination des mit Entphosphorung verbundenen Feinprocesses mit dem Flammofenflusseisenprocess kann nur eine beschränkte Verwendung behalten.

Variationen des Krupp'schen und Bell'schen Processes. Uebrigens blieben die durch den Krupp'schen Process und die Bell'schen Versuche angeregten Gedanken nicht unbenutzt. Oefen und Verfahren wurden mannigfach variirt; alle möglichen rotirenden, schaukelnden und feststehenden Oefen kamen zur Verwendung, bald leitete man Eisen zu den Erzen, bald schüttete man Erze in das Eisen, bald sollten sich die Ströme von Erzen und Eisen in Kanälen begegnen [2]), bald in Schachtöfen mischen [3]).

Es hat kaum noch ein historisches Interesse, alle diese Formen zu verfolgen. Man darf mit ziemlicher Sicherheit behaupten, dass von allen Vorschlägen gegenüber dem Krupp'schen einfachen Verfahren im Drehofen keiner bleibend Stand gehalten haben würde, selbst wenn das basische Bessemerverfahren nicht erfunden worden wäre.

Entphosphorung durch Alkalicarbonat. Indessen sind noch andere Versuche erwähnenswerth, welche den Zweck verfolgten, den Entphosphorungsprocess durch Alkalicarbonat zu bewirken. Schon Eaton hatte 1860 nachgewiesen [4]), dass beim Schmelzen von Roheisenspänen mit Natriumcarbonat eine chemische Veränderung des Eisens vor sich gehe, und Drown zeigte, dass sich selbst ohne Schmelzung des Eisens, aber bei hoher Temperatur eine von aussen nach innen vorschreitende Oxydation vollziehe, welche namentlich den Phosphorgehalt beeinflusse, gleichzeitig aber auch Silicium und Kohlenstoff angreife. Es bildet sich eine Schlacke von Natronsilicat und Natronphosphat.

---

[1]) Vergleiche Abtheilung III, S. 347. Im Folgenden werden mit III stets „Die Darstellung des schmiedbaren Eisens", mit I und II die beiden ersten Abtheilungen des Handbuches der Eisenhüttenkunde bezeichnet werden. — [2]) Vergl. D. R.-P. 1878. Nr. 6078 von Helmholtz, Nr. 8184, 8185, 8489 von Fr. Krupp. — [3]) Vgl. D. R.-P. Nr. 7117 von Fr. Krupp. — [4]) Kerpely, Fortschr. 1879 und 1880, S. 218.

Drown bewies an der Untersuchung verschiedener (circa 1,6 mm starker) Lagen die fortschreitende Umwandlung wie folgt [1]):

		Kohlenstoff	Silicium	Phosphor
Stab aus Giessereiroheisen 305 mm lang, 25 mm Quadrat, 48 Stunden behandelt	roh . . .	3,56	1,38	0,87
	1. Schicht	0,11	0,82	0,44
	2. Schicht	0,32	1,09	0,67
	Kern . .	3,53	1,37	0,91
Stab aus weissem Roheisen, Querschnitt 32 × 16 mm, 18 Tage behandelt	roh . . .	2,20	0,95	0,61
	1. Schicht, 2. Schicht	0,13	0,78	0,41
	Kern . .	0,38	0,92	0,52

Man darf diese Methode kaum noch dem Feinen zurechnen, da der Kohlenstoffgehalt bereits stark angegriffen wird. Eine praktische Bedeutung für Massenerzeugung kann das Verfahren wegen der Kostspieligkeit des angewandten Reagenzes nicht gewinnen.

Hinsichtlich der Benutzung von Haloidsalzen (Chlorcalcium, Chlorstrontium, Chlorbarium und Chlormagnesium, sowie Fluorcalcium [2]) und noch mehr bezüglich der Verwendung von Wasserdampf im überhitzten oder nicht überhitzten Zustande, wie sie Servaes u. Feltgen [3]) und Herlitschka [4]) vorgeschlagen haben, kann auf das früher beim Feinen, Puddeln und Bessemern Erörterte verwiesen werden. Nicht die Reagentien, welche angewendet werden sollen, sondern die Art der Apparate und die Ausführung des Processes hat die Ertheilung der Patente bedingt, welche für die Praxis völlig werthlos sind.

Puddeln.

Dass beim Frischen, d. h. während der Entkohlung des Eisens eine weitere Verschlackung des Phosphors stattfindet, hatten bereits die auf Veranlassung des Verfassers zu Königshütte vorgenommenen Untersuchungen beim Puddelprocess festgestellt [5]). Ein Roheisen von 0,497 Proc. Phosphor ergab beim Feinen keine absolute Abnahme, vielmehr eine relative Zunahme an Phosphor, im Puddelofen nach dem Einschmelzen 0,450, beim Beginn des Aufkochens 0,298, in den Feinkornrohschienen 0,100, in den Sehnerohschienen 0,070 Proc. Phosphor. Ebenso schwindet der Phosphorgehalt nach Kollmann's Analysen [6]) ganz allmählich. Die Erzpuddelprocesse, d. h. diejenigen, namentlich in rotirenden Oefen ausgeführten Arbeiten, bei denen eine grosse Menge zugeschlagener oxydischer Materialien die Oxydation begünstigt, beweisen besonders, dass bei lebhafter Sauerstoffzufuhr und beständiger Entfernung von

[1]) Die Zahlen sind der Durchschnitt aus zwei Analysen und auf zwei Stellen abgekürzt. — [2]) D. R.-P. 5152 von J. Barnsdorf und H. Schulze-Berge. — [3]) D. R.-P. 1878, Nr. 6271. — [4]) D. R.-P. 1879, Nr. 8754. — [5]) Vgl. Abth. III, S. 244. — [6]) Vgl. Abth. III, S. 247.

Schlacke der Phosphorgehalt auch während der Entwickelung von Kohlenoxydgas abnimmt und zwar um so reichlicher, je niedriger die Temperatur ist. Daher steigt der Regel nach am Schlusse des Puddelprocesses der Phosphorgehalt des Eisens wieder etwas, bis die Luppen endlich fertig gebildet sind. Dann erst beginnt eine neue Phosphorabscheidung.

Saigern.

Ist die Entkohlung vollendet, d. h. der Kohlenstoff auf das für ein Schmiedeisen wünschenswerthe geringe Maass gebracht, so kann nunmehr durch das sogenannte Aussaigern [1]) ein erheblicher Theil des Phosphors entfernt werden. Hierbei werden die Luppen zu einer so hohen Temperatur erhitzt, dass die phosphorhaltigen Theile zum Schmelzen kommen und ein phosphorärmeres Eisen zurücklassen.

Ist auch das Resultat dieser letzten Arbeit nicht das einer vollkommenen Entphosphorung, so ist es doch immerhin günstig für eine erhebliche Phosphorverminderung, und es hätte sich daher wohl der Mühe verlohnt, die von dem Verfasser vorgeschlagene Combination der Saigerarbeit mit dem Bessemerprocesse [2]) zu versuchen, wenn nicht auch nach dieser Richtung das basische Bessemerverfahren weitere Schritte unnöthig gemacht hätte.

Hiernach war der Process, welcher im Folgenden den Gegenstand der Erörterung bilden wird, wohl vorbereitet; denn man wusste, dass eine Abscheidung des Phosphors erstens bei hohen Temperaturen nur möglich sei, wenn freie Kieselsäure ausgeschlossen würde, gleichgültig ob sie von aussen durch das Futter oder den Herd des Ofens zugeführt oder durch Verschlackung des Siliciums im Roheisen erzeugt worden, zweitens bei schnellem Verlaufe des Processes eine Abscheidung im Anschluss an die Feinperiode unausführbar sei und an den Schluss der Entkohlung verlegt werden müsse.

Die Erfahrung, dass eine Absaigerung leichter schmelzbarer Verbindungen von mehr oder minder reinem Eisen durch Krystallisation bewirkt werden könne, bestimmte den Verfasser, einen Vorschlag zu Versuchen zu machen, durch wiederholtes Schmelzen und Krystallisiren in etagenförmig angeordneten, mit Gas geheizten basischen Herden aus einem Roheisen von mässigem Phosphorgehalt [3]) einerseits ein phosphorarmes, andererseits ein stark phosphorreiches Eisen abzuscheiden [4]); die Entscheidung indessen, ob von dem, im Laboratorium wegen der Schwierigkeit, grössere Eisenmassen geschmolzen zu erhalten, nur annähernd

[1]) Vergl. Abth. III, S. 211. — [2]) Vergl. Abth. III, S. 463. — [3]) 0,1 bis 1,5 Procent. — [4]) Der dem Bleipattinsoniren analoge, etwa in einem dreiherdigen Flammofen auszuführende Process ist in „Stahl und Eisen, 1883, S. 334“ erörtert worden.

durchführbaren Processe in der Praxis ein Gebrauch mit ausreichend vollkommenem und dabei ökonomischem Erfolg zu machen sein wird, muss Versuchen im Grossen überlassen bleiben.

Bessemerprocess.

Basisches Futter.

Der erste Vorschlag eines andern als eines kieselsäurereichen Birnenfutters rührt zweifellos von dem Nestor der deutschen Eisenhüttenleute Tunner in Leoben her, der schon gleich beim Beginn der Einführung des Bessemerns auf dem Festlande im Anfang der sechziger Jahre gebrannten Magnesit, d. h. von Kohlensäure befreite Magnesia vorschlug [1]).

Der Vorschlag fand keinen Anklang, weil es nicht gelang, ein nur einigermaassen haltbares Futter herzustellen.

Der nächste Vorschlag war der des Verfassers, Eisenoxyde zu benutzen und die Bessemerbirne gerade so wie einen rotirenden Puddelofen auszufüttern. Er scheint niemals auch nur zur versuchsweisen Ausführung gelangt zu sein [2]). Wahrscheinlich schreckte die Nothwendigkeit zurück, die Bessemerbirne zum Zweck des Ausfütterns aus ihrer Lage entfernen und in ein besonderes Gestell bringen zu müssen.

Der folgende Vorschlag Daelen's, nur den unteren Theil der Birne aus Oxyden herzustellen, ist ebensowenig praktisch geworden [3]).

Nach allen diesen Vorversuchen war der erste glückliche Schritt der des Engländers Thomas, Dolomitziegeln dadurch haltbar herzustellen, dass der Dolomit mit einer bei hoher Brenntemperatur die an sich unschmelzbare Kalkmagnesia zum schwachen Sintern bringenden Substanz in geringen Mengen versetzt wurde. Die Wahl fiel auf kieselsaure Thonerde (Thon), die neben der Plasticität, welche sie der Dolomitmasse vorleiht, eine geringe Menge schmelzbare Schlacke von Kalk-Magnesia-Aluminiumsilicat bilden sollte, genügend zum Zusammenfritten der einzelnen Dolomitkörner.

Alle in gleicher Richtung vorhergegangenen Vorschläge, welche später eingehende Erwähnung finden werden, sind theils nur unausgeführte Gedanken geblieben, theils nicht mit der erforderlichen Ausdauer durchgeführt, theils von Misserfolg begleitet worden, so dass Thomas unzweifelhaft als erster Erfinder zu bezeichnen ist.

---

[1]) Vergl. III, S. 347. — [2]) Man fragt so oft, wie es komme, dass alle wesentlichen Fortschritte im modernen Eisenhüttenwesen von Engländern ausgehen; die Antwort ist die: In Deutschland werden zwar ebensoviel Ideen zu Neuerungen gefasst wie in England, aber während man sie hier versucht und bei zehn vergeblichen Versuchen vielleicht ein Gelingen zu verzeichnen hat, scheut man in Deutschland jeden grösseren und kostspieligeren Versuch aus Angst vor dem Misslingen. — [3]) Vergl. Abth. III, S. 347.

Das grundlegende Reichspatent auf basische Ziegeln, R.-P. 5869, von Sidney Gilchrist Thomas in Battersea läuft vom 5. Oct. 1878. Es ging in Deutschland in den Besitz der Actiengesellschaften Rheinische Stahlwerke zu Ruhrort und Hörder Bergwerks- und Hüttenverein zu Hörde über, welchen das sehr anerkennenswerthe Verdienst gebührt, die zwar vollkommen ausgearbeiteten, aber doch noch nicht hinreichend für die Praxis durchprobirten Grundzüge des Verfahrens zu allgemeiner Anwendbarkeit fortgebildet zu haben. Der Titel lautet auf ein „Verfahren zur Herstellung von feuerfesten basischen Ziegeln durch Mischen von magnesiahaltigem Kalkstein mit geringen Mengen von Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd, Formen der Masse zu Ziegeln und Brennen derselben bei Weissglühhitze“. Als durch das Patent geschützt sind folgende drei Momente anzusehen:

1. Die Herstellung basischer feuerfester Ziegel aus magnesiahaltigem Kalkstein — mit variablem Kalk- und Magnesiagehalt — und 3 bis $4^1/_2$ Proc. Thonerde, 5 bis 9 Proc. Kieselsäure und mit Eisenoxyd bis zu 2 Proc. oder ohne solches; ferner die Anwendung eines künstlichen Gemenges von Kalk und Magnesia mit diesen Zusätzen in den angegebenen Verhältnissen;

2. das Brennen der aus diesen Materialien hergestellten Ziegel bei einer die Brenntemperatur feuerfester Thonziegel übersteigenden Hitze, nämlich intensiver Weissglut;

3. das Brennen der Ziegel in einem im Inneren aus basischem Material hergestellten Ofen oder zwischen neutralen, Kieselsäure nicht abgebenden Substanzen.

Die Ausführbarkeit des Verfahrens beruht auf der Frittung der an sich fast unschmelzbaren Kalk-Magnesia bei Gegenwart von Kieselsäure und Thonerde oder Eisenoxyd in sehr hoher Temperatur.

An Stelle des Thons oder der kieselsauren Thonerde tritt in einem bereits vom 26. März 1878 ab laufenden Patente desselben Erfinders — Hörde, R.-P. 6080 — Wasserglas oder kieselsaures Natron.

Weitere Variationen sind dadurch hervorgerufen worden, dass an Stelle des Dolomits oder magnesiahaltigen Kalksteines (Magnesium-Calciumcarbonats) reiner Kalkstein (Calciumcarbonat) gesetzt wurde — Hörde, R.-P. 10631 — oder reine Magnesia (Magnesiumoxyd oder geglühtes Magnesiahydrat[1]) — d'Adelswärd, R.-P. 11321 — Ramdohr, R.-P. 9473, 11540, 11746 und 16271, Rümpler, R.-P. 8777 — Scheibler, R.-P. 14936 — Closson, R.-P. 11456, Eschellmann, R.-P. 17058 — oder dass als Frittungsmittel andere Silicate als die genannten (Thon und Wasserglas) oder silicathaltige Körper gewählt wurden, z. B. Glas, Schlacken vom Hochofen, vom Puddeln, vom Schweissen, vom Bessemern u. s. w. oder Asbest, Serpentin, Mergel,

---

[1]) Nach verschiedenen, später zu besprechenden Methoden hergestellt.

Cement, Asche, oder dass endlich nur Eisenoxyde, Eisenerze oder Chromeisensteine benutzt werden sollten.

Auch andere Stoffe als Silicate oder Eisenoxyd wurden zu Frittungsmitteln vorgeschlagen, besonders Flussspath und Kryolith — Claus[1]), Junghann und Uelsmann (Königs- und Laurahütte) R.-P. 11561 — Borsäure (Borax oder Borazit) — Borsig, R.-P. 12196 und 14931 — Kohlensäure und Aetzalkalien (z. B. Soda, Pottasche, Natron, Kali) — Königshütte, R.-P. 10411, 11539 — schwefelsaure Salze, z. B. schwefelsaurer Kalk — André, R.-P. 12250 — sowie schwefelsaure Magnesia, Eisen- und andere Vitriole, auch blosse Schwefelsäure; ferner Bleiverbindungen (Bleiglätte, Mennige) — Bochumer Verein R.-P. 10683 —, Manganverbindungen (Braunstein, Rückstände von der Chlorfabrikation) — in demselben Patente.

Diese Reihe von Flussmitteln kann durch sämmtliche Chemikalien, welche mit Kalk, Magnesia oder Kalkmagnesia frittbare Verbindungen bei hoher Temperatur eingehen, leicht in der mannigfachsten Weise ergänzt werden, ohne dass ein neuer Erfindungsgedanke zu Tage tritt.

Jedes solcher Flussmittel kann nun wieder mit reinem oder unreinem Kalk, Magnesit oder Dolomit oder künstlichen Kalk- und Magnesiapräparaten, im rohen oder gebrannten Zustande, in Form von Pulver oder Lösung in Wasser oder Säuren gemischt, oder zu dem aus dem gebrannten Producte erhaltenen Pulver abermals zugesetzt werden, und jede solche Masse lässt sich zur Ziegelfabrikation verwenden oder zu einem Ofenfutter direct aufstampfen.

In allen Fällen macht sich bei der Herstellung erdbasischer Ziegel oder Ofenfutter beim Brennen die Schwierigkeit bemerkbar, das Material so lange in der gewünschten Form zu erhalten, bis die Sinterung eintritt.

Als Hülfsmittel ist deshalb ein sehr hoher Druck beim Pressen der Ziegel oder das Einhüllen der zu brennenden Ziegel in eine Eisenhülle — Melaun, R.-P. 12562 — vorgeschlagen worden.

Andererseits hat man die genannte Schwierigkeit durch Zusatz von Stoffen zu der Futtermasse zu überwinden gesucht, welche als Klebmittel wirken, bis die nöthige Temperatur erreicht ist.

Schon Thomas wandte Theer im rohen oder gekochten Zustande, oder Pech an. An die Stelle des Theers hat man andere kohlenstoffhaltige Klebmittel, wie Asphalt, Petroleum, Blut, Kleister, Leinöl, Harzöl, Fett, Melasse, Leim etc. zu setzen versucht — z. B. Melaun, R.-P. 12562 und 12570.

Wesentlich abweichende Klebmittel wurden in Form von Chloriden (namentlich Chlorcalcium, Chlormagnesium, Chlornatrium, auch blosser Salzsäure) — Königshütte, R.-P. 10411 — oder in Form von Essigsäure — Kerpely, R.-P. 11348 — angewandt, denen dann wohl auch noch ausserdem andere von den vorgenannten Mitteln, wie Theer — Königs-

[1]) Vergl. Glaser's Annalen 1880, Heft 4.

hütte R.-P. 13593 — oder Frittungsmittel beigefügt wurden, z. B. neben Chloriden Kryolith — Königshütte, R.-P. 11561.

An Stelle des Kalks, Dolomits und der Magnesia sind auch andere ähnliche Substanzen gesetzt worden, nämlich:

1. Phosphorsaurer Kalk (Phosphorit, Knochenasche u. s. w.), wieder mit den verschiedenen vorher genannten Frittungs- und Klebstoffen gemischt, namentlich mit Theer, aber auch mit Chloriden — Königshütte, R.-P. 11360 —, mit kohlensauren oder Aetzalkalien — Königshütte, R.-P. 15510.

2. Kohlensaure Strontianerde (Strontianit), roh oder gebrannt, mit oder ohne Zusatz von Theer, thonhaltigem Eisenstein u. s. w. — Stöckmann, R.-P. 24226.

3. Thonerde (Bauxit, künstlich gefällte Thonerde, Schmirgel u. s. w.) allein oder mit Thon, Kalk, Dolomit und dergl. gemischt und wieder mit oder ohne Klebmittel angerührt, roh oder gebrannt [1]).

4. Kohle in Form von Koks oder Gasretortengraphit, mit Asphalt, Theer, Petroleum, Syrup oder anderen kohlenstoffhaltigen Klebmitteln.

Von allen diesen Methoden und Materialien zur Herstellung eines basischen Birnenfutters ist die Mischung von gebranntem Dolomit und wasserfreiem Theer fast allein in die Praxis eingedrungen.

Basische Zuschläge.

Während der Ausschluss fremder Kieselsäure durch Anordnung eines kieselsäurefreien Futters gewährleistet war, musste durch geeignete Zuschläge der nachtheiligen Einwirkung der aus der Oxydation des Siliciums entstehenden Kieselsäure vorgebeugt werden.

Von den zahlreichen früher versuchten Zuschlägen [2]) hatte sich kein einziger zur Abscheidung des Phosphors bewährt. Auch Eisenoxyde [3]) waren erfolglos gewesen [4]), so lange man Kieselsäure zum Futter nahm; selbst als Zusatz zum Kalk oder Dolomit beim basischen Bessemerprocess sind sie schon in geringen Mengen nicht förderlich, wenn auch unschädlich.

So war es wieder dem Erfinder Thomas vorbehalten, im Kalkstein, den man für andere Processe, z. B. den Puddelprocess, bereits vielfach, meist ohne günstigen Erfolg probirt hatte [5]), das geeignete Zuschlagsmittel für den Bessemerprocess zu finden, ein Mittel, welches naturgemäss nur bei Anwendung eines basischen Futters nutzbringend sein konnte.

An Stelle der nach der Patentbeschreibung in Kalk, Dolomit und

[1]) Gutehoffnungshütte hat unter R.-P. 9701 ein Patent auf ein Verfahren zur Ausfütterung der Bessemerbirne mit Bauxit. — [2]) Abth. III, S. 448 bis 458. — [3]) Der Verfasser schlug schon 1865 reine Eisenoxyde oder Eisenschlacken als Ersatz der abzuzapfenden phosphorhaltigen Schlacke vor. — [4]) Abth. III, S. 451. — [5]) Abth. III, S. 867 u. f. Schon Karsten glaubte damit ein kaltbrüchiges Eisen zu verbessern.

Eisenoxyd bestehenden Zuschläge oder in Mischung damit sind sehr verschiedenartige, die basische Beschaffenheit der Schlacke nicht verändernde Körper vorgeschlagen worden, wie Kryolith, Flussspath, kohlensaure und Aetz-Alkalien, Strontianit etc. Auch hat man die Zuschläge bald durch die Mündung der Birne eingesetzt, bald mit dem Winde eingeblasen.

Nachblasen.

Der Patentanspruch des grundlegenden Patentes von Thomas, R.-P. 12700, welches vom 10. April 1879 läuft und ebenfalls in den Besitz der Actiengesellschaften Rheinische Stahlwerke und Hörder Bergwerks- und Hüttenverein übergegangen ist, deren Verdienst um die praktische Ausbildung hier eher noch höher als hinsichtlich der Entwickelung der Darstellung basischer Ziegel zu veranschlagen ist, enthält den Patentanspruch.

„Das Nachblasen nach vollendeter Entkohlung in Verbindung mit dem Zusatze basischer Substanzen, durch welche eine erdbasische Schlacke erzeugt wird, bei der Entphosphorung des Eisens in einer mit basischem Futter versehenen Bessemerbirne."

Zum Gelingen des Processes ist thatsächlich das Zusammentreffen der hierin charakterisirten Bedingungen „basisches Futter, basische Zuschläge, Nachblasen" erforderlich, aber mit Recht ist das Nachblasen als das bedeutendste der drei Momente in den Vordergrund gestellt.

Weniger erheblich ist es, ob die Zufügung der basischen Zuschläge durch Einsatz oder Einblasen erfolgt, in welcher Weise diese Zuschläge vorgewärmt werden, ob das Eisen mehr oder weniger phosphorreich ist (auch Ferrophosphor kann Verwendung finden, R.-P. 34929, 34930).

Zwar hat man schon vor der Thomas'schen Erfindung am Schlusse der Entkohlung weiter geblasen (überblasen), wenn das Product zu manganhaltig war, so z. B. zu Unterwellenborn in Thüringen; aber eine Entsphosphorung konnte damit niemals erreicht werden, da die beiden anderen Bedingungen dazu, basisches Futter und basische Zuschläge fehlten.

Die Oxydation des Phosphors während des Nachblasens erfolgt beim regelmässigen Thomas'schen Processe durch den Sauerstoff der durch das Eisenbad geblasenen atmosphärischen Luft. An dessen Stelle ist der Sauerstoff von fertig gebildeten Eisen- und Manganoxyden zu setzen versucht worden.

Das Nachblasen ganz zu umgehen, hat man geglaubt erreichen zu können durch Hervorrufung einer flüssigeren Schlacke, als es die reine Kalk- oder Dolomitschlacke ist, indem man auch hierfür wieder Flussspath, Kryolith, Chlornatrium, Chlormagnesium, Soda, Salpeter, Strontianit und andere Sauerstoff- und Haloidsalze der Alkalien und alkalischen Erden zufügte; aber ein praktischer Erfolg ist nirgend erzielt und es ist in Wirklichkeit stets beim Nachblasen geblieben. — Hörde, R.-P. 10472, 13660, 14468 und 14578.

Nach dem schon früher von dem Verf.[1]) für den sauren Bessemerprocess gemachten Vorschlage der Zweitheilung ist auch bei dem basischen Process vorgegangen und der letztere derartig in zwei Theile zerlegt worden, dass der erste Theil, welcher die Entkieselung und Entkohlung des Eisens umfasst, in einer gewöhnlichen, sauergefütterten Bessemerbirne ausgeführt — Osann, R.-P. 9898, Harmet-Hörde, R.-P. 8549 — oder in einem anderen geeigneten Apparate — Krupp, R.-P. 11022 — vorgenommen wurde, während dann erst die Entphosphorung in einer basisch-gefütterten Bessemerbirne — Harmet-Hörde, R.-P. 8549 — oder in einem mit Eisen- und Manganoxyden ausgekleideten Ofen oder einer solchen Pfanne — Osann, R.-P. 9896, Krupp, R.-P. 11022 — folgen sollte.

Das Roheisen in ähnlicher Weise wie in der Bessemerbirne in einem basisch ausgefütterten Flammofen zu entphosphorn, ist bereits vom ersten Erfinder vorgeschlagen worden. Die hierbei in Aussicht genommene Methode, bei welcher mit basischen Zuschlägen (Kalk, Magnesia, Eisenoxyd) und bei Zugluft gearbeitet werden soll, ist durch die Benutzung von Gebläseluft bei Roheisen — Hörde, R.-P. 11389 — und gefeintem Eisen — Hörde, R.-P. 11390 — verbessert worden.

Schon Snelus hat die Entphosphorung in basischgefütterten Kupolöfen versucht. In Gruben wollte dasselbe Verfahren André (R.-P. 9635) ausführen.

Die Schwierigkeit, das basische Futter und namentlich den basischen Boden der Bessemerbirne auf längere Zeit zu erhalten, hat zu mannigfachen Einrichtungen geführt, welche eine schnelle Erneuerung oder Ergänzung dieser Theile zulassen.

Namentlich hat man sich bemüht, der Birne eine leichte Lösbarkeit von dem Zapfenringe zu geben, um sie so im Ganzen zur Erneuerungswerkstätte bringen zu können — Daelen, R.-P. 11361, Holley, R.-P. 12830, Justice, R.-P. 13696. — Auch ist zu gleichem Zwecke die Birne in Ringe und jeder der letzteren in Segmente zerlegt worden, doch auch hier hat sich das von Holley für die saure Birne erfundene Verfahren der Losböden am besten bewährt.

Sehr erhebliche Fortschritte sind in der Anordnung des ganzen Werkes gemacht worden, bei dem man namentlich die Giesshütte zweckmässig von der Frischhütte getrennt hat.

Hiermit kann der allgemeine Ueberblick über zahlreiche, den basischen Bessemerprocess vorbereitende und den bahnbrechenden Patenten folgende Vorschläge geschlossen werden. Eine kritische Beurtheilung der einzelnen Punkte wird erst nach eingehender Beschreibung des Verfahrens, der dabei angewendeten Apparate und der stattfindenden Vorgänge und Arbeiten möglich.

---

[1]) Vergl. Abth. III, S. 462.

ZWEITER ABSCHNITT.

DAS BASISCHE FUTTER.

Aeltere Vorgänge
in
Verwendung erdbasischer Materialien.

Schon seit sehr langer Zeit verwendete man in Gegenden, in denen Magnesiumsilicatgestein wie Talkschiefer, Speckstein, Serpentin auftraten, diese zu metallurgischen Zwecken als feuerfestes Material, indem man sie entweder in ihrem natürlichen Zustande benutzte oder brannte, zerkleinerte und dann mit Thon zu einer plastischen Masse anrührte.

Einige von Bischof[1]) zusammengestellte Beispiele führen auf: Talkschiefer von Fohnsdorf (Südalpen), Serpentinfels ebendaher mit 44 Proc. Kieselsäure und 43 Proc. Magnesia, wurde zu Hochofengestellen verwandt; in Oberdorf bei St. Katharein (Nordalpen) wurden aus Magnesit mit 20 Volum-Proc. Blanskoer Thon Ziegel hergestellt; in Göpfersgrün fertigte man Specksteinziegel.

Alle diese Gesteine und Mischungen sind indessen wegen ihres hohen Kieselsäuregehaltes verhältnissmässig leicht schmelzbar und zur Entphosphorung in der Bessemerbirne unbrauchbar. Im rohen Zustande angewandt trägt der Wassergehalt zur schnellen Zerstörung durch Zerspringen bei.

Magnesit, Dolomit und Kalkstein sind ebenfalls vielfach in älteren Zeiten, letzter namentlich als Gestellstein bei Hochöfen verwandt worden; zwar ist der Schmelzpunkt, wenn die Gesteine frei von Kieselsäure und Thonerde sind, ein sehr hoher, aber im gebrannten Zustande bilden sie wenig plastische, unhaltbare Massen, im rohen Zustande führt die entweichende Kohlensäure zur Zerstörung durch Sprünge, und nach der Abkühlung die Lebhaftigkeit, mit der sie Wasser absorbiren, zum Zerfallen.

Bei Benutzung dieser Gesteine trat indessen nur selten das Bestreben hervor, durch ihre Bestandtheile auf die Entphosphorung des Eisens einzuwirken. Die erfolglose Benutzung von Kalkherden im Puddelofen, von Magnesia- oder Thonerdeherden im Flusseisenflammofen, welche bereits früher, Abth. III, S. 267 und 274, besprochen wurden, musste wohl davon abschrecken. Immerhin war der hohe Schmelzpunkt der häufig in der Natur in hinreichender Reinheit vorkommenden Gesteine der letztgenannten Art geeignet, wieder von Neuem zu Versuchen

---

[1]) Dingler's polyt. Journ. 1880, Bd. 237, S. 51 u. f.

anzuregen, um eine günstigere Einwirkung auf die Reinigung des Roheisens bei ihrer Verwendung für den Bessemerprocess herbeizuführen, und Mittel und Wege zu suchen, um auch eine hinreichende mechanische Haltbarkeit daraus hergestellter basischer Materialien zu erzielen.

Es konnte nicht ausbleiben, dass man dabei auf das richtige Hülfsmittel, nämlich einen auf schwache Sinterung wirkenden Zusatz verfiel. Der erste, welcher ein solches vorschlug, scheint Lencauchez gewesen zu sein. Er empfahl Ziegel aus gebranntem Kalk im Gemisch mit Kohlenwasserstoffölen, Zinkoxyd, Borax, Glas oder Sand anzufertigen. Das Gemisch sollte mit Chlorcalciumlauge angefeuchtet werden.

Weder er, noch seine Nachfolger Müller in Paris, Tessié du Motay und Pourcel[1]) hatten indessen irgend welchen Erfolg aufzuweisen. Ebensowenig kam Gruner, welcher 1875 in seiner Metallurgie den Zusatz von Thon zu gebranntem Dolomit vorschlug, zu praktischen Resultaten. Es scheint, dass sämmtliche Experimentatoren an dem Mangel eines geeigneten Brennofens zur Hervorrufung der Sintertemperatur scheiterten.

Näher kam Snelus dem Ziele, welcher sogar am 20. September 1872 ein britisches Patent[2]) auf ein basisches Ausfütterungsmaterial für metallurgische Apparate in Form eines Gemenges von Kalk und Magnesia mit einer kleinen Menge Thon und Eisenoxyd bei möglichst geringem Kieselsäuregehalt erhielt. Auch ihm fehlten indessen praktische Erfahrungen, und er wurde an der Ausführung von Versuchen durch Veränderung seiner Stellung gehindert, welche ihn in die Dienste einer Firma brachte, der an der Erfindung eines Entphosphorungsverfahrens nichts gelegen sein konnte, da sie selbst phosphorfreies Roheisen erzeugte.

Man darf nicht verkennen, dass Snelus nicht nur hinsichtlich des basischen Futters, sondern auch bezüglich des ganzen Entphosphorungsprocesses auf dem vollkommen richtigen Wege war, aber die Verhältnisse liessen seine Gedanken nicht zur Verwirklichung gelangen.

Bei dieser Sachlage war es ein besonderes Verdienst von Thomas, das so lange vergeblich angestrebte Ziel auf dem zwar theoretisch erkannten, praktisch aber bisher nicht mit Erfolg beschrittenen Wege wirklich zu erreichen. Dieses Verdienst wird gewiss nicht dadurch verkleinert, dass eine Menge von glücklichen Verbindungen es dem Erfinder ermöglichten, die von seinen Vorgängern angebahnten Versuche zu einem erfolgreichen Ende zu führen.

Sydney Gilchrist Thomas wohnte, nachdem er seine Studien an der Bergschule in Jermyn Street zu London vollendet und seine Examina dort mit Erfolg bestanden hatte, in London, wo er sich wissenschaftlichen chemischen Studien hingab. Als er ein glückliches Resultat bezüglich der Zusammensetzung eines geeigneten basischen Futters erreicht zu haben glaubte, vereinigte er sich mit seinem Vetter Percy

---

[1]) Vergl. Kerpely, Fortschritte 1879 u. 1880, S. 277. — [2]) Nr. 908.

C. Gilchrist[1]), welcher Chemiker auf dem Blaenavon-Werk in Süd-Wales war, und dieser erlangte die Erlaubniss, eine dort vorhandene kleine Bessemerbirne von 450 kg Füllraum zu Versuchen benutzen zu dürfen. Wie wenig indessen noch diese ersten Versuche von Erfolg gekrönt waren, zeigt der Inhalt des Vortrages, welchen Thomas vor dem Iron and Steel-Institute zu Paris im Jahre 1878 halten wollte, der aber — wahrscheinlich zu seinem Glück in Beziehung auf die Erlangung eines deutschen Reichspatentes — ungehalten blieb.

Erstes Patent von Thomas.

Sidney Gilchrist Thomas in Battersea (Surrey, England) erhielt unterm 26. März 1878 ein deutsches Reichspatent, Nr. 6080, auf die Anwendung von Wasserglas bei der Herstellung des Materials für basische Ofenfutter.

Das Verfahren zur Herstellung dieses Futters war wie folgt angegeben:

„Gewöhnlicher gemahlener Kalk, der so frei als möglich von Phosphorsäure ist, wird mit 5 bis 15 Procent Gewichtstheilen einer Lösung von Wasserglas (Natriumsilicat oder Kaliumsilikat) in einer Stampfmühle oder einem Mörser oder mit ungefähr derselben Menge Thon oder Thonschiefer oder mit 10 bis 20 Procent gemahlener Hochofenschlacke aus Eisenwerken oder mit Erzofenschlacke aus Kupferwerken (Rohschlacke) gemengt. Portlandcement oder jeder ähnliche hydraulische Cement oder jeder hydraulische Kalk oder irgend ein natürliches Magnesiasilicat kann ebenfalls als Bindemittel benutzt werden. Eine Mischung von 3 Theilen Kalk mit 2 Theilen Portlandcement ist für sehr zweckentsprechend gefunden worden. Magnesiakalkstein, Magnesia, kohlensaure Magnesia, Kalk oder kohlensaurer Baryt können in diesen Mischungen an Stelle des Kalksteins eingeführt werden, wenn auch Kalkstein gewöhnlich vorzuziehen ist."

Die Natronsilicatlösung wurde zu 1,5 specif. Gewicht angegeben, obwohl auch weniger starke Lösungen als zulässig bezeichnet waren. 2 bis 5 Proc. Wasserglaslösung als Zusatz wurden empfohlen. Als besonders zweckmässig sollte sich eine Mischung von 80 bis 88 Theilen Kalk mit 5 Theilen einer Natronsilicatlösung und 10 Theilen Thon oder Hochofenschlacke zeigen.

„Kalkarten, fährt die Beschreibung fort, welche von Natur aus genügende Mengen Kieselsäure und Thonerde enthalten, um als Bindemittel

---

[1]) Der doppelte Name Gilchrist erklärt sich aus dem häufigen Gebrauch in England, den Vatersnamen einer verwandten Familie als Vornamen zu wählen.

zu wirken, können manchmal allein, oder falls sie so viel Kieselsäure und Thonerde enthalten, dass sie nicht feuerfest sein würden, mit reinerem Kalk gemischt, angewendet werden."

Kalk mit ungefähr 2 bis 3 Proc. Eisenerz und dem Zusatz von 5 oder 6 Proc. Natriumsilicatlösung wird ebenfalls für anwendbar erklärt. Es soll bei allen Mischungen nur darauf Bedacht genommen werden, dass in der getrockneten Masse sich nicht mehr als 12 Proc. Kieselsäure befinden.

Die Mischungen sollten entweder im feuchten Zustande eingestampft oder zuerst in Ziegelform gebracht werden. Als Mörtel für letztere wurde eine gleiche basische Mischung empfohlen. Im Allgemeinen hielt Thomas ein Trocknen bei mässiger Temperatur und Brennen bei hoher Temperatur für nöthig, nur bei den Ziegeln, welche lediglich aus Kalk und Wasserglas bestehen sollten, hielt er das Trocknen bei mässiger Hitze für das beste Verfahren.

Obwohl das durch dieses Patent geschützte Verfahren niemals zu ausgedehnterer praktischer Anwendung gelangt ist, muss es doch als der wichtigste Schritt auf dem Wege zur Erlangung eines haltbaren Dolomitfutters angesehen werden; denn bei allen vorhergehenden Versuchen mit erdbasischem Material war es nicht gelungen, ein geeignetes feuerfestes Product herzustellen; man war vielmehr stets an der Unhaltbarkeit des letzteren gescheitert, weil es an einem geeigneten Frittungsmittel gefehlt hatte.

Der richtige Weg war gefunden; er bestand in der Verwendung eines Dolomits oder magnesiahaltigen Kalksteines mit einem denselben im gebrannten Zustande frittenden Bindemittel; aber das gewählte Sinterungsmittel, das Natriumsilicat, war nicht das geeigneste; Alkalisilicate geben mit Dolomit stark erhitzt unhaltbare, und namentlich durch Wasser leicht zerstörbare Producte, deren Haltbarkeit um so geringer wird, je geringer der Magnesiagehalt ist. Indessen selbst mit reiner Magnesia giebt Wasserglas kein genügend dauerhaftes Product.

Thomas ging daher einen Schritt weiter und wählte als Sinterungsmittel an Stelle des Alkalisilicates, das bekannte Aluminiumsilicat, den Thon, den ja auch seine Vorgänger zu gleichem Zweck schon, wenn auch ohne Erfolg, versucht hatten. Der Erfinder nahm ein zweites deutsches Reichspatent.

Zweites Patent von Thomas.

Dieses zweite Patent von Thomas läuft vom 5. October 1878 an. Es führt die Nummer 5869 und lautet auf ein „Verfahren zur Herstellung von feuerfesten basischen Ziegeln durch Mischen von magnesiahaltigem Kalkstein mit geringen Mengen von Kieselsäure, Thonerde und

Eisenoxyd, Formen der Masse zu Ziegeln und Brennen derselben bei Weissglühhitze."

Die feuerfesten basischen Ziegel sollen hiernach aus magnesiahaltigem Kalkstein hergestellt werden, welcher entweder von Natur aus gewisse Mengen von Kieselsäure und Thonerde enthält oder dem diese besonders zugesetzt worden sind.

Am meisten wird empfohlen ein stark thonerdehaltiger, magnesiahaltiger Kalkstein, der von Natur aus 3 bis $4^1/_2$ Proc. Thonerde und 5 bis 9 Proc. Kieselsäure mit oder ohne etwas Eisenoxyd, welches 2 Proc. nicht übersteigen sollte, enthält.

Ist ein solches Material nicht von Natur vorhanden, so wird ein Zusatz von Thon, Thonschiefer oder selbst thonerdehaltiger Hochofenschlacke oder thonerdehaltiger Kalkstein empfohlen. Als gutes Verhältniss wird eine Zusammensetzung mit 8 bis 9 Proc. Kieselsäure, 4 Proc. Thonerde, 1,5 Proc. Eisenoxyd angerathen. Im gebrannten Ziegel sollen 70 bis 80 Proc. Kalk und Magnesia enhalten sein, während die Kieselsäure niemals 20 Proc. übersteigen soll.

Als Anfertigungsmethode wird Mischung des feingemahlenen Materials mit Wasser, Ziegelformung unter starkem Drucke, Trocknung bei gelinder Wärme, Brennen bei intensiver Weissglut in einem mit basischem Boden versehenen Ofen vorgeschrieben.

Das Eigenthümliche in diesem Verfahren bleibt neben der Anwendung des Dolomits, also dem gleichen Grundmaterial wie bei dem ersten Patente, die Benutzung des Aluminiumsilicats als Sinterungsmittel, und das Brennen in einer die Sinterung herbeiführenden sehr hohen Temperatur, welche etwa als Eisenschweisshitze zu bezeichnen ist, während in der Praxis niemals die vielfach als erforderlich angegebene Platinschmelzhitze erreicht wird, noch werden darf.

Da bei der hohen Brenntemperatur ein Zusammenschmelzen der Ziegel in Berührung mit grösseren Mengen des Sinterungsmittels unvermeidlich wäre, so musste ein Ofen zum Brennen gewählt werden, welcher da, wo die basischen Massen in Berührung mit seinen Wandungen kamen, ebenfalls aus basischen Massen bestand.

Erst hierdurch wurde der Erfindung der Stempel praktischer Durchführbarkeit aufgedrückt und alles das, was Thomas' Vorgänger vergeblich angestrebt hatten, zur Verwirklichung gebracht.

Thatsächlich ist nach diesem Verfahren lange Zeit hindurch gearbeitet worden, ohne dass doch die grossen Schwierigkeiten, die in der Erhaltung eines basisch ausgefütterten Brennofens bestanden, und die ökonomischen Nachtheile, welche durch den grossen Aufwand an Brennmaterial zur Erzeugung der hohen Temperatur bedingt waren, verkannt werden konnten. Gegenwärtig ist das Verfahren auf den meisten Hüttenwerken wieder verlassen.

Praktische Ausführung des zweiten Thomas'schen Patentes.

Zerkleinerung des Dolomits. Dolomit, welcher mit Thon gemengt werden muss, weil er davon im natürlichen Zustande nicht genügend enthält, muss fein gemahlen werden. Dies geschieht nach gröblicher Zerkleinerung durch Hand oder in Steinbrechern, am besten auf Kollermühlen.

Die Walzen der Kollermühlen erhalten ein Gewicht von je 5000 kg (Rotheerde bei Aachen) und bestehen aus starken Hartguss- oder Stahlringen, welche sich auswechseln lassen.

Dolomit, welcher bereits die nöthige Menge Thon enthält, wird nicht so stark zerkleinert, sondern nur auf Erbsengrösse gebracht, wobei genügend Pulver zur Ausfüllung der Zwischenräume beim Ziegelformen abfällt. Diese Art der Zerkleinerung kann mit Vortheil auf Schleudermühlen (Alexandrowsky) oder in Mörsermühlen vorgenommen werden (Peine).

Wird der Dolomit vor der Verwendung gebrannt, so findet der Regel nach vor dem Brennen überhaupt keine andere Zerkleinerung als mit Hand statt.

Herstellung der Ziegel. Zu Hörde in Westfalen wurde anfangs ein Dolomit mit ungefähr 56 Proc. Calcium- und 40,5 Proc. Magnesiumcarbonat gebrannt, fein gemahlen, mit 3 Proc. (2 bis 4 Proc. je nach dem Thongehalt des Dolomits) fettem feuerfesten Thone gemischt, in Ziegelform gebracht und gebrannt.

Später verwendete man einen die erforderliche Menge Thon von Natur enthaltenden Dolomit (Dolomit von Westheim), welcher in stark verwittertem Zustande bricht. Der feine Staub wurde abgesiebt, der Rest gemahlen, das Ganze mit Wasser durchgeknetet, in Formen gebracht und mit schweren Holzhämmern zusammengeschlagen.

In Middlesborough machte man den Dolomit vor dem Brennen fein, formte ihn zu Ziegeln und brannte diese. Da sie indess hierbei ihre Form zu stark verloren, um unmittelbar Verwendung zu finden, so wurden sie gemahlen und bildeten erst das Material zu den eigentlichen Ziegeln, welche dann ihre Form so beibehielten, dass sie ohne Mörtel verwendet werden konnten.

Trocknen der Ziegel. Die Ziegel beiderlei Art erfordern zunächst ein sorgfältiges Lufttrocknen auf Lattengerüsten, hiernach ein Trocknen bei gelinder Wärme, was auf den Ofengewölben der Brennöfen ausgeführt wird; dann erst können sie der heftigen Brenntemperatur ausgesetzt werden, ohne zu springen oder allzusehr ihre Gestalt zu verlieren. Ein sehr starkes Schwinden — 24, aber auch bis zu 50 Proc. — lässt sich indessen auch dann noch nicht vermeiden.

Das Brennen des Dolomits[1]) geschieht theils in Flamm-, theils in Schachtöfen, stets bei sehr hoher Temperatur; wenn der Dolomit die nöthigen Sinterungsbestandtheile einschliesst, vor der Zerkleinerung, sonst in der Regel nach dieser und nach der Mischung mit den Sinterungsmitteln, nur dann und gewöhnlich bei mässiger Temperatur auch im letzteren Falle vorher, wenn das Gestein wegen zu grosser Härte der Zerkleinerung erheblichen Widerstand entgegensetzen würde.

Die Flammöfen sind einfache parallelepipedische, meist nahezu cubische Räume mit Tonnengewölbe; sie haben 4 bis 6 von aussen mit Steinkohlen zu heizende Planroste. Mindestens die Sohle ist aus basischen Ziegeln hergestellt, der Regel nach auch noch der untere Theil der Wandungen. Die dann den oberen Theil der Wände und das Gewölbe bildenden, aus feuerfestem Thon oder Quarz (Dinas) hergestellten Ziegel müssen von den basischen durch eine Isolirschicht von Theer oder mit Theer gemischten Koks (Kladno) getrennt werden.

Der Regel nach fasst jeder Ofenraum ungefähr 5000 kg rohen Dolomit und braucht das doppelte Gewicht des gebrannten an Steinkohle, obwohl man anderer Orten mit einem geringeren Verbrauch (z. B. Union bei Dortmund nur 75 bis 80 Proc.) zu arbeiten behauptet.

Zweckmässiger ist die Benutzung von Gasflammöfen, und die zu Hörde für Ziegel benutzten Ringöfen würden auch wohl für das Brennen des Dolomits die günstigsten ökonomischen Resultate geben, wenn man sie auf ein dem Bedarf entsprechendes Quantum beschränken könnte, so dass ein fortlaufender Betrieb möglich ist.

Wo man hinreichend aschenfreien Koks zu Gebote stehen hat, ist der Kupolofen der zweckmässigere Apparat. Man wendet einfach cylindrische Schächte an, welche mit basischen Ziegeln ausgefüttert werden. In Oberhausen braucht man darin 80 Proc. des gebrannten Products an Koks, welche mit dem in faustgrosse Stücke zerkleinerten Dolomit geschichtet werden.

Zu Alexandrowsky bei St. Petersburg wird zum Brennen des Dolomits ein Schachtofen benutzt, welcher bei einem Durchmesser von 1,70 m 3,5 m Höhe hat[2]). Der 150 mm starke Schacht, welcher mit zahlreichen, auf 7 Horizontale vertheilten Störräumen versehen ist, um etwa eintretende Sinterungen grösserer Massen leicht beseitigen zu können, ruht auf einer 0,5 m über die Hüttensohle aufsteigenden Doppelmauer, zwischen welcher der sattelförmige Rost angeordnet ist. Früher baute man den Schacht aus Dolomit, jetzt stellt man ihn, da letzterer nicht standhielt, aus uralischen Chromeisensteinen her[3]), welche im zerkleiner-

---

[1]) Die gleichen Apparate finden zum Brennen jedes basischen Materials Anwendung, wenn hohe Temperaturen erzielt werden sollen. — [2]) Vergl. Stahl und Eisen, 1882, Nr. 12, S. 608. — [3]) Sie bestehen aus 8 Proc. Kieselsäure, 13,5 Proc. Eisenoxyd, 13,0 Proc. Thonerde, 51,0 Proc. Chromoxyd, 1,5 Proc. Kalkerde, 13,0 Proc. Magnesia.

ten Zustande mit 2 Vol. Thon als Bindemittel und 1 Vol. Kalk zur besseren Bindung der Kieselsäure gemengt werden.

Der Ofen wird mit Holz und Koks angeheizt und dann mit 560 kg Dolomit und 260 bis 300 kg Koks schichtenweis beschickt. In 24 Stunden zieht man in zwei Absätzen 3200 kg gebrannten Dolomit. Der Gesammtverbrauch an Koks beträgt 120 Proc. vom gebrannten Dolomit [1]).

Die Verbrennung des Koks findet bei schwach gepresstem Gebläsewind statt. Wahrscheinlich würde zur Fernhaltung der Ascheneinmengung auch im Kupolofen Gasfeuerung vorzuziehen sein. In diesem Falle müssten die Schachtöfen eine ähnliche Form erhalten, wie die, welche für Gaserzröstöfen im zweiten Bande der Eisenhüttenkunde beschrieben ist.

Das Brennen der Ziegel erfordert mindestens eine basische Unterlage und eine basische Ausfütterung des Ofens, soweit die basischen Ziegel mit den Wandungen in Berührung kommen können. Am besten ist es, den ganzen Ofen mit basischem Futter zu versehen, aber es ist sehr schwierig, bei Benutzung von Flammöfen ein haltbares Gewölbe aus diesem Material herzustellen. Der beim Brennen im Anfange entweichende Wasserdampf zerstört nämlich ein basisches Gewölbe noch schneller, als die beim Entleeren und Füllen stattfindende Temperaturerniedrigung.

Die Flammöfen sind in der Regel zu mehreren Wand an Wand in einer Reihe angelegt, um die Wärmeausstrahlung möglichst zu verringern. Jede Abtheilung ist für ungefähr 1500 Stück Ziegel bemessen, welche möglichst locker, in gitterförmiger Anordnung über einander angeordnet und nicht höher als bis zu den Widerlagern des Gewölbes aufgeschichtet werden. Meist liegt die Feuerung nur auf einer Seite und besteht für jeden Ofenraum aus zwei oder drei Rosten (Planrosten für Steinkohlen). Zu Hörde sind Rostfeuerungen an beiden Enden jedes Ofenraumes angebracht und zwar paarweis.

Bei den einseitig geheizten Oefen liegt die Einsatz- und Entladeöffnung, welche während des Brandes vermauert wird, an der den Feuerungen entgegengesetzten Seite, bei den doppelseitig geheizten zwischen je zwei Rosten.

Die Feuergase entweichen durch zahlreiche Oeffnungen in der Sohle, unter welcher sich 3 oder 6 Kanäle in der Längsrichtung des Ofens befinden. Diese Kanäle werden mit Eisenplatten verdeckt, welche zwischen sich [2]) die Oeffnungen in beliebiger Zahl (meist drei für jeden Kanal) zum Abzug der Flamme frei lassen. Auf eine richtige Lage und gute Vertheilung dieser Oeffnungen kommt sehr viel an, da sonst eine ungleichmässige Vertheilung der Wärme und ein verschiedenartiges Brennen der Ziegel die Folge ist.

---

[1]) In Angleur hat der Kupolofen zum Dolomitbrennen 1,3 m Durchmesser. In 24 Stunden werden 12 Tonnen mit 75 Proc. Koks (ausser $2^1/_4$ Tonnen Koks zum Anheizen) gebrannt. — [2]) Ganz wie das bei Darrkammern für Giessereien üblich ist.

Der Luftzutritt zu den Feuerungen und den Aschenfällen und der Querschnitt der Füchse, am Ende der Sohlenkanäle, werden durch eiserne Thüren und Schieber regulirt. Ein gemeinschaftlicher Kanal führt die Abhitzgase zur Esse.

In Hörde benutzt man Mendheim'sche Gasringöfen [1]), welche sich von den gewöhnlichen Ziegelbrennöfen dieser Art nur durch die aus Magnesiaziegeln hergestellten Sohlen unterscheiden. Ein solcher Ofen umschliesst 16 Kammern, jede zu einem Einsatz von 6000 Ziegeln berechnet. Die Brennzeit jeder Kammern beträgt 17 Stunden [2]). Der Brennmaterialienverbrauch soll nur 40 Proc. der gebrannten Ziegel betragen.

Man hat auch versucht, die Ziegelbrennöfen ganz aus basischer Masse zu stampfen, ohne jedoch dadurch eine im Verhältniss zu den Kosten höhere Haltbarkeit zu erzielen.

Der gebrannte Dolomit lässt sich besser als der rohe von eingemengten Quarzstücken und anderen schädlichen Bestandtheilen durch Klaubarbeit reinigen. Diese Reinigung geschieht stets, ehe er behufs weiterer Verarbeitung völlig zerkleinert wird.

Brauchbarkeit der Ziegel. Obwohl sich nach dem zweiten Thomas'schen Patente hergestellte basische Ziegel sehr wohl verwenden lassen, sind sie doch ein kostspieliges und dabei schwierig einzubauendes Material.

Dies hat folgende Gründe. Der Dolomit frittet trotz der innigen Mischung mit Thon nur an den Oberflächen der Ziegel vollständig. Hier bildet sich eine Art matter Glasur, welche den Einflus der Atmosphärilien auf den erkalteten Ziegel abhält. Aber diese Glasur hat oft oder bekommt beim Temperaturwechsel Risse, in welche Kohlensäure und Wasser eindringen und eine Zerstörung des Ziegels durch Umwandlung der inneren ungefritteten Theile in Hydrat und Carbonat hervorrufen. Bei längerem Liegen der Ziegel selbst in geschützten Räumen springt zuerst die Glasur ab, dann zerfällt der ganze Ziegel. Der zweite Uebelstand ist das bedeutende zuweilen bis zu 50 Volumenproc. betragende unregelmässige Schwinden. Sollen die Ziegel vermauert werden, so bleiben entweder sehr grosse Mörtelfugen, welche die Haltbarkeit des ganzen Futters beeinträchtigen, oder die Ziegel müssen geschliffen werden. Dadurch aber geht von vornherein die haltbare Frittungskruste verloren.

Wendet man rohen Dolomit an, so ist die Schwindung noch weit erheblicher, als wenn der Dolomit vor der Verwendung gebrannt wurde, aber die Verschiebung der Form ist auch bei dem letzten Verfahren, welches immerhin besser erscheint, sehr bedeutend.

Um die Ziegel wenigstens einige Zeit ohne Nachtheil aufbewahren zu können, taucht man sie warm in Theer und schützt sie so vor dem Ein-

[1]) Eingerichtet zum Brennen der später beschriebenen Magnesiaziegel. —
[2]) Für Magnesiahydratziegel nur 12 bis 15 Stunden (vergl. S. 43).

dringen der Feuchtigkeit, ohne doch auch dadurch das Zerfallen nach längerer Zeit verhüten zu können.

Der Gesammtverbrauch an Brennmaterial (Brennen des Dolomits und der Ziegel) ist auf den verschiedenen Werken sehr abweichend. Thomas selbst gab ihn[1]) auf 85, 100, 110, 200, 300 und 350 Proc. von fertigen Ziegeln an Steinkohle bei Benutzung von Flammöfen, auf 75, 90 und 105 Proc. von Koks bei Benutzung von Schachtöfen an und glaubte einen Verbrauch von 120 Proc. Steinkohle oder 90 Proc. Koks als angemessenen Durchschnitt annehmen zu sollen.

Zahlreiche Versuche sind gemacht worden, an Stelle des Alkali- oder Aluminiumsilicats andere Sinterungsmittel zu setzen, um dadurch einerseits an Brennmaterial zu sparen, andererseits die Schwindung zu vermindern, aber ohne dass auch nur eines der vorgeschlagenen Verfahren dauernden Erfolg gehabt hätte.

Der Dolomit.

Normaler Dolomit besteht aus je einem Atom von Calcium- und Magnesiumcarbonat ($CaCO_3 + MgCO_3$) mit 54,3 Proc. des ersteren und 45,7 Proc. des letzteren, andere Varietäten sind nach der Formel $2CaCO_3 + MgCO_3$ oder $3CaCO_3 + MgCO_3$ zusammengesetzt, und von da an finden sich alle Varietäten bis zum reinen Kalkspath $CaCO_3$ ohne Magnesia.

Als Gestein tritt indessen der Dolomit, der eine sehr grosse Verbreitung durch alle Formationen, ganz besonders aber in den älteren bis hinauf zur Juraformation besitzt, niemals im ganz reinen Zustande auf. Zuvörderst geht Eisen- und Mangancarbonat in die chemische Constitution über und giebt zahlreiche Uebergänge bis zum Spatheisenstein, sodann treten als mechanische Gemengtheile freie Kieselsäure in Form von Quarz, kieselsaure Thonerde (Thon), Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, und organische Substanzen (Kohle, Bitumen) auf. Der Gehalt an Thon giebt eine ganze Reihe von Gesteinen, welche mit der wachsenden Menge daran der Regel nach zerreiblicher werden und endlich in Mergel übergehen.

Die zu einem basischen Futter für die Bessemerbirne geeigneten Dolomite müssen, wenn sie einen nachträglichen Thonzusatz erhalten sollen, möglichst rein, sonst bereits in ihrer Zusammensetzung mit der erforderlichen Menge Aluminiumsilicat versehen sein. Vor allen Dingen ist Gleichmässigkeit der Zusammensetzung erforderlich, und da der natürliche Dolomit darin selten den Anforderungen entspricht, muss der Regel nach eine Klaubarbeit stattfinden, welche sich am leichtesten nach dem Brennen der rohen Stücke ausführen lässt.

---

[1]) Iron and Steel 1881, II.

In der That giebt es eine grosse Menge für den basischen Process brauchbarer Dolomite, aber wenige sind bezüglich des Transportes so günstig gelegen, dass sie benutzt werden können.

Die folgende Tabelle (S. 40) giebt die Zusammensetzung thatsächlich verarbeiteter oder wenigstens versuchter Dolomite, nach dem Magnesiagehalte geordnet. Bei den fortschreitenden Versuchen, ein möglichst nahe liegendes geeignetes Material zu finden, und der wie erwähnt grossen Verbreitung der Dolomite mag indessen schon jetzt mancher der angeführten Dolomite nicht mehr zur Verwendung kommen.

Die an Magnesia reichsten Dolomite, welche zu Oberhausen Verwendung fanden, stammen aus dem Lahngebiet, 1 von Diez, 2 von Staffel, 3 von Limburg, jedoch kommen auch dort magnesiaärmere Dolomite vor, wie Nr. 6 von Hadamar zeigt. Voraussichtlich ist von ähnlicher Lage der zu Bochum gebrauchte Nr. 4; Nr. 5 (Trier) wird zu Creuzot, Nr. 7 zu Hörde, Nr. 8 zu Peine gebraucht, Nr. 9 findet seine Verwendung in der basischen Ziegelfabrik zu Duisburg, Nr. 10 zeigt die Zusammensetzung des zu Middlesborough gebrauchten, Nr. 11 eines in Thüringen versuchsweise angewandten Dolomits von Liebenstein, Nr. 12 ist der in Alexandrowsky bei St. Petersburg benutzte Dolomit, während Nr. 13 zu Rotheerde bei Aachen Verwendung findet und Nr. 14 und 15, welche die Zusammensetzung oberschlesischer Dolomite zeigen, in Wittkowitz als Zusatz zum Kalkstein gebraucht werden. Nr. 12 bis 15 sind schon als eigentliche Kalksteine anzusprechen und verdienen kaum noch den Namen der Dolomite.

Veränderung der Dolomite beim Brennen.

Die wesentlichste Veränderung, welche die Dolomite beim Brennen erleiden, beruht auf der Austreibung des hygroskopischen, des chemisch an Eisenoxyd und Thonerdesilicat gebundenen Wassers, sowie der an Kalkerde, Magnesia, Eisen- und Manganoxydul gebundenen Kohlensäure. Die für den ersteren Zweck erforderlichen Temperaturen sind sehr mässig, zur Austreibung der Kohlensäure, wenn dieselbe vollständig sein soll, gehören ziemlich hohe, wohl 1000° C. erreichende Hitzegrade.

Die zur Vertreibung der Kohlensäure nöthige Temperatur steigt mit dem Magnesiagehalte. Eine weitere chemische Veränderung soll aber in noch höherer Hitze durch das Fritten des Dolomits, d. h. eine Schmelzung des sich bildenden Silicats hervorgerufen werden. Hierbei spielt der im Dolomit enthaltene Thon eine hervorragende Rolle.

Pufahl, Assistent im eisenhüttenmännischen Laboratorium der Bergakademie zu Berlin, fand in dem unter Nr. 13 mitgetheilten Dolomit von Rotheerde unter 0,12 Proc. Thonerde 0,08 Proc. in dem in Chlorwasserstoffsäure unlöslichen Zustande, während in dem gebrannten Do-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kalkerde	30,57	30,79	31,49	31,62	29,86	32,30	31,36	30,12	30,09	28,52	35,77	40,00[7]	42,83	43,08	45,70
Magnesia	20,99	20,82	20,53	20,19	20,17	19,35	19,28	19,21	19,12	17,56	15,82	9,00	8,38	7,57	4,91
Eisenoxydul	—	—	—	1,22	—	—	—	0,26	1,40	1,78	0,56	—	Spur	—	—
Manganoxydul	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	—	—	—	—
Kohlensäure	47,10	47,08	47,32	45,35	45,64	46,66	45,86	44,97	45,59	43,05	45,89	41,30	42,85	42,18	41,31
Wasser	0,48	0,47	0,15	—	—	0,63	—	2,00[5]	—	—	—	—	4,51[8]	4,08	4,36
Kieselsäure	—	—	—	1,70	4,34	1,09[4]	2,00	1,35	3,04	6,52	—	5,00	0,44	2,06	1,68
Thonerde	—	—	—	0,09	—	—	1,50	2,05	0,73	2,57	1,05	5,00	0,12	1,03	1,88
Eisenoxyd	0,86[1]	0,84[2]	0,51[3]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,66	—	—
Manganoxyd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phosphorsäure	—	—	—	—	—	—	—	—[6]	0,03	—	—	—	Spur[9]	—	—
	100,00	100,00	100,00	100,17	100,01	100,03	100,00	99,96	100,00	100,00	99,13	100,30	99,79	100,00	99,84

[1]) Darunter 0,44 Proc. Thon und Sand. — [2]) Darunter 0,35 Proc. Thon und Sand. — [3]) Darunter 0,13 Proc. Thon und Sand. — [4]) Darunter 0,46 Proc. Thon und Sand. — [5]) Darunter 1,24 Proc. gebundenes Wasser. — [6]) Ausserdem 0,003 Proc. Schwefelsäure. — [7]) Durchschnittsanalyse. — [8]) Einschliesslich organischer Substanz. — [9]) Ausserdem Spur Alkalien.

lomite die Thonerde nur in löslicher Form enthalten, also der Thon beim Brennen aufgeschlossen worden war.

Das Letztere kann in der Praxis nur dann vollkommen erreicht werden, wenn die Dolomitstücke gleichmässig bis ins Innerste hoch erhitzt werden.

Deshalb ist es so schwierig, direct Ziegel zu brennen, und man muss es vorziehen, erst den Dolomit zu brennen und ihn dann in Ziegelform zu bringen. Der einmal gebrannte und daher gesinterte Dolomit ist nun aber viel schwieriger durch abermaliges Sintern in guten Zusammenhang zu bringen, und daran scheitert oft die Herstellung geeigneter Ziegel bei Anwendung bereits gebrannten Materials. Diese Erfahrung rechtfertigt die Einführung des später geschilderten Theerverfahrens.

Bevor jedoch zu dessen Beschreibung übergegangen wird, muss zuvörderst die Anwendung anderer Grundmaterialien und anderer Sinterungsmittel, welche mit mehr oder weniger Erfolg versucht und zum Theil praktisch angewendet worden sind, besprochen werden.

Magnesia, Kalk, Strontian, Baryt und Thonerde als Grundmaterialien.

Wenn der Dolomit, welcher in den beiden Patenten von Thomas die Hauptrolle spielt, auch die Grundlage für die Anfertigungsmethoden aller basischen Ziegel geworden ist, so hat es doch nicht an Versuchen gefehlt, andere feuerfeste Materialien von gleich basischer Natur an die Stelle zu setzen.

Hier bieten sich Magnesia, Kalk, Strontian, Baryt und Thonerde als Ersatz.

Magnesia.

Magnesia kommt in der Natur ausser in den Dolomiten der Regel nach mit Kieselsäure verbunden und in deshalb für den vorliegenden Zweck unbrauchbarem Zustande vor. Nur in dem Magnesit kommt die Magnesia als Carbonat fast rein vor, wie die umstehende Tabelle zeigt.

Dieses sind sämmtlich steyerische Magnesite, *a* ein sehr kalkfreier, *b* ein dunkel, *c* ein hellgelb gefärbter, *d* ein kalkreicherer.

Derartige reine Magnesite sind aber selten, der Regel nach ist der Magnesit viel kieselreicher. Dies gilt z. B. von dem in Schlesien vorkommenden, welcher durchschnittlich über $9^1/_2$ Proc., und dem auf Euböa, der durchschnittlich fast 4 Proc. Kieselsäure enthält.

	a	b	c	d
Magnesia .	47,18	45,44	45,98	44,98
Kalkerde .	Spur	0,34	0,64	1,69
Eisenoxydul	—	1,83	1,40	1,63
Kohlensäure	51,75	51,35	52,06	50,57
Wasser . .	0,28	—	—	—
Kieselsäure .	0,21	0,75	0,21	0,13
Thonerde .	0,21	—	—	0,84
Eisenoxyd .	0,40	—	—	0,29[1])
	100,03	99,71	100,29	100,13

Trotzdem mischte man im Anfange der Magnesiaziegelfabrikation absichtlich 5 Proc. und mehr Thon zur Magnesia, und die von Tessié du Motay (*e*) und zu Dux (*f*) hergestellten Magnesiaziegel hatten folgende Zusammensetzung[2]):

	e	f
Magnesia	87,80	81,62
Kalkerde	3,18	7,62
Kieselsäure	6,87	5,86
Thonerde, Eisenoxyd etc.	1,86	5,50

Man ging daher zu Versuchen über, Magnesia im reineren Zustande darzustellen. Das erste Augenmerk richtete sich wieder auf den Dolomit als Material. G. d'Adelswärd zu Paris (D. R.-P. Nr. 11321) schlug vor, Dolomit in Salzsäure zu lösen und aus der Lauge Magnesiahydrat durch Kalk zu fällen. Indessen fand man bald, dass die zur Abscheidung der Magnesia nöthige Lösung der Dolomite ein viel zu kostspieliges Verfahren war, um es für die Praxis als ökonomisch anwendbar erscheinen zu lassen.

Als zweites Material bot sich das bereits in Lösung enthaltene Magnesium der Abfalllaugen, welche von den in der Umgegend von Stassfurt zahlreich vorhandenen Kalifabriken gegenwärtig in die Wasserläufe geleitet werden und diese bis zum Ersterben jeden animalischen Lebens verunreinigen, denn sie enthalten[3]) im Liter 372,7 g Chlormagnesium. Eine Verwerthung schien daher nicht nur wegen der Werth-

[1]) Manganoxydul. — [2]) Stahl und Eisen 1881, S. 99, und 1882, S. 120. — [3]) Nach Massenez.

losigkeit des Materials, sondern auch im Interesse der Anwohner dieser Wasserläufe sehr erwünscht.

Closson'sches Verfahren.

Von den vielen Vorschlägen ist der von Closson praktisch zu Hörde ausgeführt worden, indessen auch dort wieder, wie es scheint, wegen mangelnden ökonomischen Erfolges fallen gelassen.

Nach dem Closson'schen Verfahren, welches in erster Linie auch die Gewinnung der Magnesia aus gebranntem Dolomit zum Zweck hatte, wobei Manganchlorürlaugen aus der Chlorfabrikation, Salmiaklösung aus der Ammoniaksodafabrikation, Salzsäure, Meerwasser, nebenbei nur Salinenmutterlaugen verwendet werden sollten (vergleiche deutsches Patent, P.-R. Nr. 11456), wird durch Kalkmagnesia Magnesiumchlorid in Calciumchlorid und Magnesiumoxyd zersetzt, nach der Formel:

$$MgCl_2 + \overbrace{CaO + MgO} = CaCl_2 + 2\,MgO.$$

Der rohe Dolomit wird durch Brennen von der Kohlensäure befreit, zerkleinert und mit Wasser zu Milch angerührt. Beim Zusatz von Chlormagnesiumlauge geht die Zersetzung schnell vor sich. Der Niederschlag von Magnesia wird auf Filterpressen von der Chlorcalciumlauge befreit und dann noch mit Wasser ausgewaschen. Das gewonnene Magnesiahydrat ist sehr plastisch, wird daher ohne Thonzusatz zu Steinen geformt, welche im Ofen stark gebrannt, direct verwendet werden oder dann erst das Material zur Herstellung der eigentlichen Magnesiaziegel oder zum Stampfen geben.

Die in Hörde hergestellte Magnesia enthielt:

96,60	Proc.	Magnesia,
1,94	„	Kalkerde,
1,05	„	Kieselsäure, Eisenoxyd und Thonerde.

Man brauchte auf 1000 kg Magnesia 1250 kg gebrannten Dolomit und 8750 kg Stassfurter Abfallauge, und brannte in jeder Kammer eines Mendheim'schen Ringofens in 12 bis 15 Stunden 6000 Stück Ziegel bei 40 Gew. Proc. Steinkohlenverbrauch.

Scheibler'sches Verfahren.

Scheibler benutzt verdünnte Zuckerlösung, um aus Dolomit Magnesia zu gewinnen. Auch dieses Verfahren ist zu Hörde praktisch ausgeübt worden. Hiernach (deutsches Reichspatent P.-R. Nr. 14936) wird Dolomit gebrannt, zerkleinert und zu Milch mit Wasser angerührt. Die Dolomitmilch wird in eine Melasselösung mit 10 bis 15 Volumprocent

Zucker eingetragen. Es bildet sich Zuckerkalklösung, während Magnesia abgeschieden und durch die Filterpresse getrocknet wird.

Die gewonnene Zuckerkalklösung gelangt nun in eiserne Gefässe oder Röhren, in welche Kohlensäure (aus dem Dolomitbrennofen) oder wie zu Hörde Gichtgas (aus dem Hochofen, welches dadurch zugleich von der Kohlensäure befreit) geleitet wird. Der niederfallende kohlensaure Kalk wird durch Filterpressen abgeschieden, die zurückbleibende Zuckerlösung aber nun von Neuem zur Zersetzung von Dolomit benutzt.

Die durch diesen Process in Hörde gewonnene Magnesia enthielt nach dem Brennen 95,99 Proc. Magnesia, 2,18 Proc. Kalkerde, 1,47 Proc. Kieselsäure, Eisenoxyd und Thonerde.

Andere Verfahren zur Darstellung reiner Magnesia.

Die übrigen in der Praxis der Fabrikation basischer Ziegel nicht einmal im grösseren Maassstabe versuchten Verfahren sind im Wesentlichen folgende:

A. Rümpler in Hecklingen (D. R.-P. Nr. 8777) schlägt die Magnesia aus den Chlormagnesiumlaugen der Kalifabriken mit gebranntem und gelöschtem Kalk ($^1/_5$ Gewichtsprocent) nieder, welcher eingerührt wird. Zuvörderst wird wegen des Gehaltes von Magnesium- und Eisensulfat in den Laugen neben etwas Magnesiahydrat nur wenig Kalkhydrat zugesetzt, welches Eisenoxyd und Gips niederschlägt, während Magnesiumsulfat und Chlormagnesium in Lösung bleiben. Die Lauge wird mit Chlorcalciumlösung versetzt, welche das Magnesiumsulfat zersetzt und abermals Gips fällt. Aus der nunmehr völlig reinen Chlormagnesiumlösung wird durch Kalk das Magnesiahydrat gefällt. Die Chlorcalciumlauge wird ihrerseits immer wieder zu der zweitgenannten Operation der Gipsfällung benutzt.

Gebrüder Ramdohr in Wansleben [1] (D. R.-P. Nr. 9473, 11540 und 11746) dampfen die Chlormagnesiumlaugen der Kalifabriken auf 40 bis 45° B. ein, so dass sich beim Erkalten eine feste Masse bildet, welche auf 1 Atom Chlormagnesium 6 Atome Wasser enthält und durch Chlornatrium, Chlorkalium und Magnesiumsulfat verunreinigt ist. Aus dieser Masse, welche mit der zur Plasticität erforderlichen Menge Thon zusammengeknetet, und noch mit fein pulverisirtem Eisenerz gemischt wird, werden Ziegel geformt, welche bei einer solchen Temperatur oxydirend geröstet werden, dass das Chlor theils als Salzsäure, theils als Eisenchlorür entweicht, ein Process, der durch Wasserdampf unterstützt werden kann.

G. Eschellmann in Manheim (D. R.-P. Nr. 17058) gewinnt bei einem Verfahren zur Darstellung von Salzsäure aus basischem Magnesiumsulfat durch Kochen mit Wasser lösliches Magnesiumsulfat und Magnesiahydrat. Die Chlormagnesiumlauge wird zuvörderst mit Calcium- oder

[1] Kerpely, Fortschritte 1879 und 1880, S. 241.

Magnesiumsulfat bis zu breiiger Consistenz eingedampft und geglüht, bis basisches Magnesiumsulfat zurückbleibt.

Verwendbarkeit der Magnesia.

Die auf nassem Wege hergestellte Magnesia, welche leicht durch schwaches Glühen vom Hydratwasser zu befreien ist, hat vor der durch starkes Glühen des Carbonats gewonnenen den grossen Vorzug vorzüglicher Plasticität. Man kann sie bequem zu Ziegeln formen, welche auch vor den Dolomitziegeln noch das geringere Schwinden beim Brennen voraus haben; aber trotz des billigen Materials fallen die aus Magnesia hergestellten basischen Producte zu kostspielig aus. Vorläufig sind daher die Versuche ganz aufgegeben, obwohl es schon im allgemeinen nationalökonomischen Interesse von höchster Bedeutung wäre, wenigstens einen Theil der Stassfurter Laugen so verwenden zu können.

Unter allen basischen Materialien ist die Magnesia am günstigsten bezüglich der Unschmelzbarkeit, sowohl für sich, als in Berührung mit Thon oder Quarz.

Bischof[1]) hat über das Verhalten der Magnesia sehr lehrreiche Versuche angestellt. Er wies nach, dass Magnesia sowohl allein, als in Berührung mit Thon in Schmiedeisen- und sogar in Platinschmelzhitze unschmelzbar sei, während Magnesia mit Kalk bei Schmiedeisenschmelzhitze bereits beginnende Schmelzung zeigt.

Magnesia mit Kieselsäure zu gleichen Theilen zeigt allerdings in Schmiedeisenschmelzhitze deutliche Schmelzung; unschmelzbar bleibt sie mit Thonerde, leichter schmelzbar wird sie mit Phosphorsäure; mit Eisenoxyd giebt Magnesia schwerer schmelzbare Verbindungen als Kalkerde. Da nun die bereits von Plattner aufgestellte Regel sich auch bei den Versuchen Bischof's als richtig herausgestellt hat, dass mit der Zahl der Elemente die Schmelzbarkeit zunimmt, so liegt auf der Hand, dass Dolomit ein ungünstigeres Material als Magnesia ist. Deshalb empfiehlt es sich wohl, die Versuche zu einer ökonomischen Darstellung von Magnesiaziegeln durch Verwerthung der Abfallaugen aus den Kalifabriken nicht aufzugeben, sondern unter Zugrundelegung der bisherigen Erfahrungen eifrigst fortzusetzen.

Kalkerde.

So lange Magnesia allein nicht in hinreichenden Mengen zu haben ist, wird sich da, wo ein reiner Dolomit nicht vorkommt, die Benutzung eines geeigneten Kalksteins empfehlen. Schon die unter den Dolomiten aufgeführten magnesiaarmen Gesteine geben Uebergänge zu den eigentlichen Kalksteinen und zeigen, da sie sich in der Praxis als brauchbar bewiesen haben, dass auch der reine Kalkstein anwendbar sein wird.

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1879/80, S. 242.

Zieht man nun in Betracht, dass es namentlich unter den Kalksteinen der älteren Formationen eine Menge giebt, welche 98 bis 99 Proc. reines Calciumcarbonat enthalten, so scheint es oft leichter, Kalkstein als Dolomit zu beschaffen.

Zwei Werke sind es, die mit der Verwendung reiner Kalksteine denn auch mit Erfolg vorgegangen sind, Wittkowitz in Mähren, welches anfänglich den S. 40 aufgeführten schlesischen magnesiaarmen Dolomit zusetzte, dann aber nur Kalkstein benutzte, und Kladno bei Prag in Böhmen.

Der Kalkstein von Wittkowitz enthält übrigens noch nahezu 3 Proc. Magnesia, wie folgende Analyse zeigt:

Kalkerde	47,46	Proc.
Magnesia	2,93	„
Eisenoxydul	3,41	„
Manganoxydul	0,29	„
Kohlensäure	42,85	„
Kieselsäure	2,48	„
Thonerde	0,53	„

Der von Kladno ist nahezu frei von Magnesia und enthält im gebrannten Zustande 5 bis 6 Proc. Kieselsäure.

Der Kalkstein muss im Wesentlichen wie der Dolomit behandelt, d. h. im Schachtofen oder Flammofen bei möglichst hoher Temperatur todt gebrannt werden, und darf hierbei nicht mit kieselsäurehaltigen Substanzen in Berührung kommen. Die Schachtöfen müssen daher ganz, die Flammöfen wenigstens an der Sohle basisch gefüttert sein. Diese Vorsicht ist beim Kalk noch mehr als bei der Magnesia geboten, da Kalkerde und Kieselsäure [1]) erheblich leichter schmelzbare Verbindungen als Magnesia und Kieselsäure geben. Ueberhaupt schmilzt Kalkerde auch mit Thonerde und mit Eisenoxyd weit leichter als Magnesia, so dass die Kalkerde gegen die reine Magnesia jedenfalls erheblich zurücksteht.

In Kladno wird der Kalkstein in Flammöfen gebrannt, deren jede mit Rosten versehene Kammer 5000 kg rohen Kalkstein fasst und bei 46 bis 48stündiger Brennzeit 200 Proc. vom gebrannten Kalk an Steinkohle braucht. Die Sohle der Kammern besteht aus Dolomitsteinen von Duisburg, die Wandungen und Gewölbe aus sauren Steinen, welche von der Sohle durch eine Schicht eines Gemisches von Koks und Theer getrennt sind.

Kalkziegel haben den erheblichen Nachtheil gegen Magnesiaziegel, dass sie viel schneller als letztere Wasser anziehen und dann zerfallen. So verträgt ein aus Magnesia hergestelltes Futter selbst Abkühlung durch Besprengung mit Wasser, Kalkfutter nicht. Gebrannter Dolomit liegt in der Mitte. Seine Standhaftigkeit gegen Wasseraufnahme wächst mit

[1]) Vergl. Bischof in Kerpely, Fortschr. 1879/80, S. 243.

seinem Magnesiagehalt; übrigens aber wächst die Standhaftigkeit auch mit der Sinterung, d. h. mit der Zunahme an Kieselsäure sowohl als mit der Brenntemperatur, und hierin scheint der wesentlichste Vorzug des Dolomits zu liegen, obwohl er in Folge seiner Zusammensetzung aus zwei Erdbasen unter sonst gleichen Umständen am leichtesten sintert.

Phosphorsaure Kalkerde.

Da bei dem Process der Eisenentphosphorung die Oxydation des Phosphors nicht durch die Erdbasen erfolgt, so ist es auch an sich gleichgültig für den Erfolg, ob in den Futtermaterialien Phosphorsäure enthalten ist oder nicht.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend hatte man an Stelle der Kalkerde das ebenfalls an sich sehr feuerfeste Calciumphosphat in Form von Knochenasche oder Phosphorit vorgeschlagen. Da indessen beide Substanzen nicht plastisch sind, auch selbst bei hoher Temperatur nicht gehörig sintern, so bedürfen sie ebenfalls eines Binde- und Sintermittels.

Zu diesem Zwecke versuchte man zu Hörde (D. R.-P. Nr. 13614) das Calciumphosphat im Gemisch mit Thon, Theer oder Asphalt, zu Königshütte (D. R.-P. Nr. 11360, 13086 und 16510) mit Chloriden von Alkalien und Erden, Carbonaten der ersteren oder denselben im kaustischen Zustande.

Da nun aber [1]) schon Magnesia mit Phosphorsäure eine viel leichter schmelzbare Masse als mit Kieselsäure giebt, Kalk und Phosphorsäure aber noch leichter schmilzt, so muss erstens der Erfolg ein ungünstigerer als mit den durch Silicatbildung gesinterten basischen Massen sein, und zweitens ist die Knochenasche eine sehr theure Substanz, der Phosphorit aber in der Regel wird zu sehr verunreinigt, um ohne erheblichen Nachtheil für die Haltbarkeit des feuerfesten Productes Verwendung finden zu können.

Strontian.

Strontianit, d. h. Strontiumcarbonat ist in grösseren Mengen nur im Münsterlande (Westfalen) gefunden worden [2]).

Aus demselben ist durch Brennen die Kohlensäure auszutreiben und Strontian herzustellen. Die Benutzung des Strontians für die Herstellung basischen Futters wurde von Stöckmann vorgeschlagen (siehe D. R.-P. Nr 24226). Nach diesem Verfahren soll roher oder gebrannter

---

[1]) Vergl. Bischof's Untersuchungen. Kerpely, Fortschritte 1879 und 1880, S. 242. — [2]) Vergl. Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl., Sitzungsber. 1882, S. 120.

Strontianit [1]) mit Thon oder thonhaltigen Eisensteinen gemengt werden, so dass der fertige Ziegel nicht über 10 Proc. Kieselsäure enthält. Gegen die Luftfeuchtigkeit sollen diese Ziegel durch Ueberstreuung mit feinem Thon oder Thoneisensteinpulver geschützt werden.

Nach den bisherigen Erfahrungen hat Strontianit keine Vorzüge vor Magnesit oder Kalkstein, ist vielmehr von allen dreien am leichtesten schmelzbar und viel theurer als Dolomit. Einzelne locale Verhältnisse ausgenommen, welche sich bei den gegenwärtig bekannten Strontianitvorkommnissen lediglich auf einige Werke Westfalens beschränken dürften, ist daher Aussicht auf Verwerthung von Strontian zur Bildung basischer Futter nicht vorhanden.

Baryt.

Auch Baryt ist als Material für basische Futter vorgeschlagen worden. Er könnte nur aus Witherit, dem Bariumcarbonat erhalten werden. Da aber Witherit noch weit leichter als Strontianit schmelzbar ist — vor dem Löthrohr schmilzt er zu klarem Glase — so ist, selbst wenn das Vorkommen ein häufigeres wäre, als es thatsächlich ist, an eine zweckmässige Verwendung in der Bessemerbirne wohl nicht zu denken.

Thonerde.

Thonerde im reinen Zustande, d. h. ohne Kieselsäure, ist nur im Bauxit [2]) zu finden. Gutehoffnungshütte in Oberhausen versuchte die Anwendung an Stelle von Dolomit (D. R.-P. Nr. 9701). Es zeigte sich bald, dass der in faustgrossen Stücken in Flammöfen stark gebrannte Bauxit [3]) für sich unplastisch, daher unbrauchbar für die Herstellung eines basischen Futters war und mit einem Bindemittel versetzt werden musste. Man versuchte rohen Bauxit, gebrannten Kalk oder Dolomit, endlich Thon als Zusatz. Nur letzter bewährte sich. Die Masse, welche mit etwas Wasser geknetet wurde, sollte als Stampfmasse oder in Ziegelform verwendet werden.

Die Ziegel sollten scharf getrocknet und dann 36 Stunden lang im basisch gefütterten Ofen bei heller Rothglut gebrannt werden.

Auch hier spielt vor allen Dingen die Schwierigkeit, einen hinreichend reinen Bauxit zu erhalten, der bisher in grösseren Mengen kaum anderwärts als bei Baux vorkommt, das grösste Hemmniss. Sobald Kieselsäure und Eisenoxyd, wie dies bei deutschen Bauxiten der Regel nach der Fall ist, in erheblicher Menge darin vorkommen, reiht sich der an sich schwer schmelzbare Bauxit den leicht schmelzbaren Substanzen an.

[1]) Welcher übrigens der Regel nach nur 95 bis 96 Proc. Strontiumcarbonat enthält. — [2]) Vergl. Abth. II, S. 564. — [3]) Kerpely, Fortschr. 1879/80, S. 243.

Metallische Futter.

Eisenoxyd. Eisenoxyd als basisches Futter für die Bessemerbirne ist zuerst von dem Verfasser vorgeschlagen worden; aber die Schwierigkeit, daraus eine haltbare Masse zu formen, ohne Substanzen zuzusetzen, welche, wie Thon, Quarz u. s. w. die Schmelzbarkeit herabziehen, hatte die Techniker von jedem Versuche abgeschreckt. Eisenoxyd lässt sich in Form des sogenannten Purpurerzes, d. h. eines durch Kochsalzlaugung von seinem letzten Reste Schwefel und dem darin enthaltenen Kupfer befreiten Schwefelkieses, und ebenso in Form natürlich vorkommender Rotheisensteine (Eisenglanz) verwenden. Aber selbst, wenn die Schmelzbarkeit des reinen Eisenoxydes nicht unter der der Magnesia und Kalkerde stände, würde doch der Umstand, dass schon geringe Mengen Eisenoxydoxydul, Phosphorsäure und besonders Kieselsäure den Schmelzpunkt erheblich vermindern, gegen die Anwendung sprechen, nachdem man bessere Hülfsmittel kennen gelernt hat.

Manganoxyde, deren Rolle bei dem Krupp'schen Entphosphorungsfeinprocesse Seite 11 geschildert ist, sind bezüglich des Schmelzpunktes weit ungünstiger als Eisenoxyde und können überhaupt als Futter einer Bessemerbirne kaum in Betracht kommen.

Metallwände ohne Futter würden sich bei hinreichender Kühlung unbedenklich anwenden lassen. Wenn die Bessemerbirne doppelwandig construirt und durch Wasser gekühlt würde, so müsste sich im Innern eine Kruste des verarbeiteten Materials oder Productes bilden, welche am sichersten allen weiteren Einflüssen widersteht, wie es überhaupt vom physikalischen und chemischen Gesichtspunkte aus keinem Zweifel unterliegen kann, dass der Regel nach das beste Gefässmaterial für eine Schmelzung die Schmelzmasse selbst ist, wenn sie gekühlt wird. Die Schwierigkeit der praktischen Ausführung hat indessen trotz mehrfacher Vorschläge, wie sie seit Jahren vom Verfasser in seinen Vorlesungen gemacht worden waren, von Versuchen abgehalten; und in der That ist es schwer, dazu zu rathen, wenn man bedenkt, dass beim zufälligen Abspringen der sich bildenden inneren Kruste das flüssige Metall mit den Wänden in Berührung kommt und hier wahrscheinlich zu einer Explosionen herbeiführenden Dampferzeugung führen würde, in derselben Weise, in welcher Aehnliches erfolgt, wenn starke Kesselsteinlagen von den Wandungen der Dampfkessel plötzlich abspringen. Allmählich indessen wird man durch ausgedehntere Benutzung des angegebenen Grundsatzes bei anderen Schmelzapparaten, wie Kupolöfen, Hochofengestellen etc. auch diese Gefahr vermeiden lernen und auch bei den Bessemerapparaten den Versuch wagen können (vergl. D. R.-P. Nr. 23309).

Kohlenfutter.

Ein zwar nicht basisches, aber doch indifferentes Futter glaubte Osann zu Düsseldorf (D. R.-P. Nr. 1325) aus Kohle erhalten zu können. Er mischte aschenfreien Koks oder Retortengraphit mit 5 bis 10 Proc. Asphalt und gab der Masse durch Theeröl, Petroleum oder Syrup eine genügende Plasticität.

Schon die Versuche beim gewöhnlichen Bessemerprocesse hatten gelehrt, dass Kohlefutter unbrauchbar sei, weil es viel zu schnell aufgezehrt und zerstört würde. Es lag allerdings wohl Grund vor, einen anderen Erfolg beim Entphosphorungsprocess zu erwarten. Ein Versuch, der immerhin interessant gewesen wäre, scheint nicht mit dem Kohlefutter Osann's gemacht zu sein. Die stete Neubildung von kohlenstoffreichem Eisen spricht indessen gegen die Wahrscheinlichkeit eines guten Erfolges.

Sinterungsmittel.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass sich Alkalisilicat als Sinterungsmittel nicht bewähren konnte und dass schon der Erfinder Thomas zum Aluminiumsilicat griff. Das letztere ist denn auch bisher das beste geblieben. Man fand bald, dass von der anfangs für nothwendig erachteten Beimengung von Eisenoxyd zur Beschleunigung der Sinterung abgesehen werden müsse, wenn das Futter haltbar bleiben solle.

Die sehr hohe Temperatur indessen, welche zur Bildung des dann die Sinterung allein hervorrufenden Thonerde-Kalk-Magnesiasilicats erforderlich war, regte zu zahlreichen Versuchen an, andere Sinterungsmittel an die Stelle des Eisenoxyds zu setzen.

Die eingehendsten Versuche sind in dieser Richtung von Althans in Breslau im Verein mit der Königs- und Laurahütte (Junghann und Uelsmann) — D. R.-P. Nr. 10411, 11561, 11539, 13593, 14971, 15510 — gemacht worden. Die Erfinder theilen hierüber Folgendes mit:

„Kohlensaure Erdalkalien, namentlich kohlensaurer Kalk und (wenn auch weniger vollständig) kohlensaure Magnesia schmelzen mit gleichen Aequivalenten von Chlorcalcium bei Rothglühhitze zu einer homogenen hellen Flüssigkeit zusammen.

„Wird die geschmolzene Masse hierauf der Weissglühhitze ausgesetzt, so erhärtet dieselbe unter Gasentwicklung zu einem festen unschmelzbaren Körper. Wird der Kalk oder die Magnesia hierbei im Ueberschuss angewandt, so dass die Flussmittel circa 5 Proc. der ganzen Masse ausmachen, so frittet die Mischung zu einem festen Körper. Bei

dieser Operation vermindert sich das Volumen der urspünglich angewandten Massen um nahezu 50 Proc. Die Masse geht entweder zu einem dichten Körper (bei Anwendung von gebrannter Magnesia) zusammen, oder dieselbe wird (bei Anwendung von rohem Kalk und Dolomit) unter Erhaltung der äusseren Form deutlich porös und bildet gemahlen ein schweres Pulver. Wird das erhaltene Pulver abermals bei Weissglut mit einer kleinen Menge (1 bis 2 Proc.) des ursprünglich angewandten Flussmittels erhitzt, so erweicht dasselbe vorübergehend und frittet, ohne ferner zu schwinden, zu einer festen, unschmelzbaren Masse zusammen.

„Um mit Benutzung dieser Thatsachen basische feuerfeste Ziegel zu erzeugen, haben wir reine, d. h. von fremden Beimengungen möglichst freie, natürliche oder künstlich hergestellte, kohlensaure oder kaustische Erdalkalien angewandt, namentlich Kalkstein, Dolomit oder Magnesit. Enthalten dieselben (namentlich Kalk oder Dolomit) mehr als 2 bis 3 Proc. Kieselerde oder Thon, so ergiebt die Fabrikation Ziegel von geringerer Feuerfestigkeit.

„Besteht das Material aus Kalkstein oder Dolomit, so wird dasselbe in natürlichem Zustande, d. h. ungebrannt verwandt; den Magnesit haben wir, um das Zerkleinern zu erleichtern, vor der Verwendung in einem gewöhnlichen Kalkofen gebrannt.

„Das Material wird zunächst unter Zusatz von 5 Proc. calcinirter Soda zu einem mässig feinen Pulver gemahlen, welches durch ein Drahtsieb von 8 Maschen auf 1 cm gesiebt wird. Dieses Pulver bildet das Rohmaterial zur Herstellung von Schamotte, aus welchem demnächst die fertigen basischen, feuerfesten Ziegel hergestellt werden.

„Das erzeugte Rohmaterial wird behufs Herstellung von Masse mit wenig Wasser angefeuchtet, so dass sich dasselbe kaum mit der Hand ballen lässt, und mittelst einer gewöhnlichen Ziegelpresse zu beliebig geformten Stücken (Ziegeln) verarbeitet. Hat man gebrannten Magnesit angewandt, so lässt man die Masse vor dem Pressen einige Tage mauken. Beim Pressen ist darauf zu achten, dass keine Feuchtigkeit ausfliesst, weil dadurch der Procentsatz der Flussmittel vermindert werden würde. Die geformten rohen Stücke werden scharf getrocknet und hierauf in einem gewöhnlichen Ziegelofen bei Weissglut gebrannt. Bei dieser Operation schwinden dieselben um nahezu 50 Proc. ihres Volumens. Das Product derselben ist daher wegen der eintretenden starken Deformation zur unmittelbaren Benutzung nicht gut verwendbar und dient lediglich als Schamotte zur Erzeugung des Endproducts der Fabrikation.

„Die Form, in welcher dieses Zwischenproduct erhalten wird, ist gleichgültig. Es ist daher nicht erforderlich, beim Aufschichten der rohen Schamottestücke zum Brennen im Ziegelofen besondere Sorgfalt anzuwenden, und es ist unbedenklich, dieselben in hohen Haufen aufzustellen, um den Brennraum des Ofens möglichst auszunutzen, wobei die einzelnen

Stücke allerdings in der Weissglut wegen der starken Contraction stark zerreissen und deformirt werden.

„Der fertig gebrannte Schamotte wird nun mittelst Kollersteine unter Zusatz von circa 10 Proc. wasserfreiem Theer und 1 Proc. calcinirter Soda zu einem Pulver von mässiger Feinheit, wie früher angegeben, gemahlen und bildet in dieser Form das Material zur Erzeugung der fertigen Ziegel. Die Fabrikation derselben erfolgt unter Pressen mit einem Druck von einigen Atmosphären.

„Ziegel aus Magnesia können in einem Ofen, welcher aus saurem Material erbaut ist, gebrannt werden, Kalk- oder Dolomitziegel müssen dagegen auf einem Boden aus basischem Material, am Besten aus Magnesiaziegeln fertig gebrannt werden."

Anfangs (D. R.-P. Nr. 10411) begnügten sich die Erfinder mit den Lösungen der Chloride von Alkalien und Erdalkalien in Wasser als Anfeuchtungsmittel, später setzten sie Fluoride (Flussspat, d. h. Fluorcalcium, oder Kryolith, d. h. Fluornatrium-Fluoraluminium) den Erdcarbonaten als Flussmittel zu, dann wurden die Carbonate der Alkalien und endlich auch die kaustischen Alkalien benutzt. Versuche bewiesen, dass trotz der grossen Flüchtigkeit, welche die Chloride der Alkalien besitzen, doch selbst in den heftig gebrannten Ziegeln noch deutlich Reste davon nachweisbar waren; unserer Meinung nach nur ein Beweis, wie schwierig die hohen Brenntemperaturen bis ins Innere der festgekneteten oder gestampften Massen eindringen.

Bald zeigte sich, dass diese Sinterungsmittel ihren Zweck nur unvollkommen erfüllten, und die Erfinder gingen daher auf die Mitbenutzung des Theers zur Darstellung von Ziegeln ein; damit war aber der eigentliche Zweck verfehlt, denn wenn auch nur $2^1/_2$ Proc. an calcinirter Soda von dem verwendeten Dolomit oder Magnesit verbraucht werden sollten, so machte doch dieser Zusatz nach eigener Angabe der Erfinder 3 M. auf 100 kg Ziegeln aus, während man bei dem nachher zu schildernden einfachen Theerverfahren diesen Betrag ganz erspart.

Nicht anders verhält es sich mit dem von A. Borsig's Berg- und Hüttenverwaltung in Borsigwerk vorgeschlagenen, durch Patent 12196 geschützten Sintermittel in Form von Borsäure (Borsäure, Borax oder borsaures Natron, Borazit oder borsaure Magnesia), welche ebenfalls die basischen Ziegel unnöthig vertheuert, zumal sie in nicht unbedeutenden Mengen (2 bis 2,5 Proc. rohe Borsäure oder 3 Proc. Borazit) benutzt werden sollte.

Ganz verwerflich sind alle diejenigen Sintermittel, welche den Schmelzpunkt sehr wesentlich herabziehen. Die sich bildenden Schmelze bleiben in diesem Falle nämlich nicht, wie man vielleicht denken könnte, in der ganzen Masse gleichmässig vertheilt, sondern fliessen zusammen und bilden Gallen, welche die Haltbarkeit des Futters erheblich beeinträchtigen.

Zu solchen falschen Sintermitteln gehören die dem Bochumer Verein für Bergbau und Gussstahlfabrikation durch Patent Nr. 10683 geschützten

Metalloxyde, wie Mennige, Bleiglätte, Manganerze, ähnlich nachtheilig wirken alle Eisenoxyde, sobald nicht nur ganz geringe Mengen verwendet werden. Nicht minder fehlerhaft erscheint es, fertig gebildete leicht schmelzbare Silicate anzuwenden, zu denen z. B. alle Eisensilicate (Schlacken), aber auch die eisenfreien Hochofenschlacken (Kalk-Thonerde-Silicate) gehören.

Herstellung der Plasticität.

Nachdem man sich überzeugt hatte, dass das Todtbrennen des basischen Materials, sei es nun Dolomit, Magnesit oder Kalkstein im rohen Zustande, bis zur Sinterung nöthig sei, fand sich die Nothwendigkeit, das hiernach unplastische Material mit einer Substanz zu mengen, welche es gestattete, ein Einstampfen als Masse oder eine Umformung in Ziegel vorzunehmen.

Der erste Gedanke richtete sich von Neuem auf den Thon, und in dem Vorhergehenden (S. 34 u. f.) sind die Methoden angeführt, mittelst deren man Ziegel aus gebranntem Dolomit oder Kalkstein mittelst dieses Zusatzes darstellte [1]). Die hohe Temperatur, welche indessen nöthig war, um das nun noch schwieriger sinternde Material zum Fritten zu bringen, hatte schon den ersten Erfinder Thomas, ja selbst seine Vorgänger auf den Gedanken gebracht, kohlenstoffreiche Klebmittel anzuwenden, welche neben der Erzielung der Plasticität auch bei einer nicht allzu hohen Erhitzung den Kohlenstoff als Bindemittel zurücklassen.

Von allen diesen Mitteln ist für die praktische Anwendung wieder der Steinkohlentheer allein übrig geblieben.

Herstellung basischer Ziegel mit Theer.

Der Theer.

Theer nennt man die sich bei der Destillation der natürlichen Brennstoffe bildenden, leicht condensirbaren dickflüssigen Substanzen, welche zum grössten Theil aus Kohlenwasserstoff bestehen und der Regel nach eine dunkle bis schwarze Färbung zeigen.

Der Theer ist ein sehr zusammengesetztes Product, welches neben den ihn in der Hauptsache bildenden Kohlenwasserstoffen noch sauerstoff-, schwefel- und stickstoffhaltige Körper enthält [2]).

[1]) Ein solches Futter von Middlesborough enthielt: 49,92 Proc. Kalkerde, 30,72 Magnesia, 4,50 Thonerde, 3,46 Eisenoxyd, 11,41 Kieselsäure. — [2]) Vergl. die Industrie der Steinkohlentheer-Destillation von Dr. Georg Lunge und Wagner, Handb. d. chem. Technologie.

Diese letzteren Körper bilden nach Art und Menge die wesentlichsten Unterschiede der nach ihrem Ursprunge verschiedenen Theersorten. Zu den sauerstoffhaltigen Körpern gehört auch das Wasser, welches bei der Destillation verschiedenartige Stoffe mit sich nimmt, deren Beschaffenheit bald saurer, bald alkalischer Natur ist. Beim Holze enthält es vorwiegend Essigsäure, sodann Methylalkohol und Aceton, bei der Steinkohle Ammoniak. Die jüngeren Fossilien, Torf und junge Braunkohle, verhalten sich ähnlich wie Torf, die ältere Braunkohle ähnlich wie Steinkohle. Indessen zeigen auch die übrigen Destillate der Theere Verschiedenheiten. Die des Holzes und der jüngeren Fossilien geben Kohlenwasserstoffe, welche der fetten Reihe angehören, während der Theer der älteren Fossilen, besonders der Steinkohle, Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe liefert. Der feste Rückstand und die permanenten Gase zeigen dagegen keine wesentlichen Verschiedenheiten.

Da der kohlige Rückstand bei der Anfertigung der basischen Ziegel allein zurückbleibt, so ist es auffallend, dass sich zur Fabrikation derselben lediglich Steinkohlentheer als brauchbar erwiesen hat. Wahrscheinlich rührt dies von der sauren Reaction der anderen Theere, namentlich des Holztheers, welche auf die Erdalkalien einen ungünstigen Einfluss ausübt, indem Acetate gebildet werden, vielleicht auch von der grösseren Beständigkeit der Verbindung des im Theere aus jüngeren Fossilien enthaltenen Wassers her.

Braunkohlentheer enthält z. B. [1]) ein Drittel an Ammoniakwasser, welches sich zwar zum grössten Theile bei 60 bis 80° vom Theer abscheidet, aber zu einem kleinen Theile erst bei 200° fortgeht [2]).

Der für die Formung basischer Materialien benutzte Theer muss wasserfrei sein, da ein Wassergehalt den Kalk in Hydrat umwandeln und ein Zerfallen der basischen Materialien bewirken würde.

Ueber die Menge des Wassers, welches Steinkohlentheer enthält, sind die Angaben sehr abweichend. Wahrscheinlich spielt nicht nur die Art der Kohle, aus welcher der Theer gewonnen wurde, sondern auch die Temperatur, bei welcher die Destillation stattfand, eine erhebliche Rolle. Wurtz [3]) giebt 6 Proc. Ammoniakwasser bei englischen, 9 Proc. bei schlesischen Kohlen an; die Hüttenwerke geben dagegen 12, auch 18 Proc. Wassergehalt an.

Ueber die Entwässerung des Steinkohlentheers giebt Lunge ausführliche Mittheilungen [4]).

Ein grosser Theil des Ammoniakwassers scheidet sich schon bei längerem Stehen des Theers ab und steigt an die Oberfläche, von wo man es abschöpfen kann. Erleichtert wird die Abscheidung durch Erhitzung des Theers, welche ihn dünnflüssiger macht. Dies geschieht am

---

[1]) Wagner, Handb. d. chem. Technologie, 1880, S. 854. — [2]) Bei der bis zur Trockniss des Rückstandes fortgesetzten Destillation des Braunkohlentheers tritt zuletzt nochmals Wasser auf, aber das stammt aus einer Zersetzung bezw. Oxydation der Oele her. — [3]) Op. cit. — [4]) Op. cit., S. 84.

besten durch eine Dampfschlange. Schon 16 bis 21° genügen, 40° C. sind vollkommen ausreichend.

Der Rest des Wassers scheint jedoch, wie beim Braunkohlentheer, erst bei höherer Temperatur fortzugehen[1]). Man kocht daher den Theer und zwar der Regel nach bei offenem Feuer. Dies ist ein sehr unvollkommenes Verfahren, gefährlich und belästigend für die Nachbarschaft.

Es ist schwer erklärlich, warum die Hüttenwerke nicht das Verfahren der Dachpappenfabriken anwenden, welche durch Einleiten von Dampf in den doppelten Mantel eines cylindrischen Gefässes oder durch Durchleiten des Dampfes durch eine Schlange, welche sich in dem dann beliebig geformten Gefässe befindet, den Theer entwässern, und dabei den Vortheil haben, als Destillationsprodukt in den Condensationsvorlagen neben Wasser Naphta zu gewinnen.

Die Theerkessel der Hütten werden meist durch eine ganz primitive Rostfeuerung bei Steinkohlen erhitzt, während die Dämpfe durch einen unten offenen Rauchfang in die Esse entweichen.

Mischung des entwässerten Theeres mit den basischen Materialien.

Aus dem Kessel wird der Ther durch einen Hahn abgezapft oder mit Kellen in den Mischtrog übergeschöpft.

Eine recht vollkommene Einrichtung zum Fortbefördern des Theers findet sich zu Rotheerde bei Aachen.

Hier liegt neben dem zum Aufgeben des gemahlenen basischen Materials bestimmten Trichter ein aus Eisenblech hergestelltes geschlossenes Gefäss, welches einen Dampfstrahlapparat zur Herstellung einer Depression umschliesst. Durch die eintretende Druckverminderung wird der ausgekochte Theer, welcher in einem neben dem Kochkessel befindlichen zweiten Kessel aufbewahrt wird, emporgehoben. Im Innern des Gefässes befindet sich ein Schlangenrohr, durch welches der im Ejector verbrauchte Dampf entweicht und dabei durch seine Wärme die Temperatur des Theers hoch erhält, um ihn in hinreichend flüssigem Zustande durch ein zweites Rohr in ein Maassgefäss überführen zu können, aus welchem er nach Oeffnung eines Hahnes in der bestimmten Menge auf den Kollergang fliesst, unter dem die Mischung mit den basischen Materialien erfolgt.

Die Mischung des Theers mit dem gebrannten Dolomit durch Kollersteine, welche wegen des Anhaftens der Masse mit gut wirkenden Kratzen oder Schabern versehen sein müssen, oder durch verticale oder hori-

---

[1]) Theer von Zeche Holland enthielt: 6,33 Proc. ammoniakalisches Wasser, destillirt bei 150° 7,20 Proc., bei 210° 7,65 Proc. (Glückauf, 1883, Nr. 65).

zontale Mischmaschinen mit Messerwellen, ist der Mischung mit der Hand vorzuziehen; aber letztere wird sehr oft noch angewendet, weil sie gestattet, mit etwas weniger Theer zu arbeiten. In beiden Fällen empfiehlt sich eine Erwärmung der Theile, auf oder in denen die Mischung erfolgt; bei Kollergängen wird der dann am besten feststehende Tisch [1]), bei Mischmaschinen der Mantel [2]) durch Dampf erwärmt; bei der Handarbeit benutzt man durch directes Feuer erhitzte eiserne Platten.

Der Dolomit absorbirt um so weniger Theer, erstens je kräftiger er gebrannt und gesintert ist, zweitens je gröber die Körner sind. Sehr feines Pulver erfordert daher am meisten Theer. Man siebt deshalb der Regel nach den auf der Kollermühle zerkleinerten Dolomit auf Rättern und nimmt nur die nicht staubförmigen, etwa erbsengrossen Körner; den Staub dagegen benutzt man zur Mörtelbereitung, die gröberen Stücke gehen auf den Kollergang zurück. Es wird ferner um so weniger Theer gebraucht, je dünnflüssiger derselbe ist.

Wo Kollergänge angewendet werden (Rotheerde), benutzt man deren zwei, einen zum Mahlen des Dolomits, einen zum Mischen. Die Mischung erfolgt, wenn die Temperatur des Theers günstig ist, sehr schnell. Zu Rotheerde werden 80 kg Dolomit unter den 5000 kg schweren Kollerwalzen in 3 Minuten gemischt. Zum Betriebe der ganzen Vorrichtung (Zerkleinerung, Mischung, Hebung u. s. w.) dient eine 20 pferdige Dampfmaschine.

Die Menge des Theers wird meist nach dem Volumen bestimmt, man wendet durchschnittlich 20 Volumprocente vom Dolomit an. Wird das specifische Gewicht des gebrannten Dolomits zu 3, das des entwässerten Theers zu 1,2 angenommen, so entspricht das Volumverhältniss einem Gewichtsverhältniss von 8 Procent.

Auch in Bezug auf diese Zahlen weichen die Resultate der einzelnen Werke noch sehr von einander ab. In Alexandrowsky braucht man 17 bis 18, in Hörde 10 bis $12^1/_2$, in Creusot 10 bis 11, in Middlesborough 9 bis 10, in Kladno (Handmischung des Kalkes auf heissen Platten und mit Schaufel) 9, in den Rheinischen Stahlwerken 8 bis 9, in Rotheerde nur 7 Procent.

Verwendung der Mischung.

Die Mischung, welche durch Theer plastisch gemacht ist, wird entweder direct zur Herstellung des Futters benutzt, oder zuerst in Form von Ziegeln gebracht.

Das Ausstampfen geschieht in einer im dritten Abschnitte beschriebenen Art um (meist eiserne) Modelle mit stark erwärmten Stampfen.

---

[1]) Die verticale Welle wird dann gedreht, während sonst diese Welle festzustehen pflegt und sich der Boden dreht. — [2]) Die Messer sind wie bei den sogenannten Thonschneidemaschinen spiralförmig an einer Welle befestigt.

Ziegel werden aus der Masse in eisernen Formen hergestellt. Die Formen bestehen aus Schmied- oder Gusseisen, erstere verbrennen schneller, letztere müssen vor Ueberhitzung geschützt werden. Vor dem Einstampfen der Masse werden die eisernen Formen mit einem Ablösungsmittel, meist Paraffin, ausgepinselt.

Auch hierbei geschieht das Einstampfen der Masse mit erwärmten Hämmern oder Stössern. Die Form wird schliesslich übervoll gemacht und die Masse dann mit der Breitseite eines kräftigen Hammers eingeschlagen.

Brennen der Theerziegel.

Die Theerziegel kommen mit ihrer Form in Oefen, die der Regel nach mit gewöhnlicher Planrostfeuerung versehen sind und auf Rothglut erhitzt werden. In zwölf Stunden ist der Theer bei dieser Temperatur abdestillirt. Wendet man, wie in Hörde, geringere Temperatur an, so dauert der Process bis 48 Stunden. Die in Folge des Luftzutritts sich bildende Flamme aus den verbrennenden Destillationsproducten trägt zur Erhitzung bei und vermindert den Brennmaterialienverbrauch. Ebenso werden aufgestampfte Böden behandelt. Die Ziegel und Böden werden zweckmässig auf Wagen gepackt, deren eiserne Tragplatte gleichzeitig den Abschluss des Ofenraumes nach unten bildet. Die nach unten umgebogenen Ränder der Platte greifen in entsprechende Rinnen der Ofenwandungen, welche mit feinem Sande gefüllt einen gasdichten Abschluss bilden (Neunkirchen bei Saarbrücken).

Nach diesem Glühprocess ist der Dolomit durch den zurückgebliebenen koksartigen Kohlenstoff fest verkittet.

Behandlung der Ziegel.

Melaun zu Königshütte (D. R.-P. Nr. 12562 und 12570) hatte vorgeschlagen, die Ziegel in dünnem Eisenblech zu formen und dieses von der oxydirenden Flamme des Glühofens ganz verzehren zu lassen; dieses kostspielige Verfahren hat sich aber nicht bewährt, vielmehr benutzt man bei reducirend gehaltener Flamme starke Blech- oder seltener Gusseisenformen, welche nach dem Erkalten von den Ziegeln abgehoben werden, und welche zu sehr vielen Bränden wieder benutzt werden können (vergl. S. 60).

Die Ziegel behalten, wenn sie kräftig in die Formen eingestampft waren, ziemlich vollkommen Grösse und Form bei und brauchen vor der Verwendung nicht weiter bearbeitet zu werden. Will man sie ohne Mörtel einlegen, so empfiehlt es sich, ihre Flächen auf einer rauhen Platte aus Hartguss eben zu reiben.

Mörtel.

Fallen die Steine nicht hinreichend eben an den Seitenflächen aus, oder bedingt ihre Form grössere Fugen beim Vermauern, so muss Mörtel verwendet werden.

Diesen stellt man entweder in gleicher Weise wie die Masse für die Ziegel her, jedoch unter Anwendung des staubförmigen Dolomits, oder man nimmt Bruch und Abfälle von gebrannten Theerziegeln, mahlt diese fein und mischt sie abermals mit Theer.

Da, wo an Stelle von Dolomit Kalkstein oder Magnesit verwendet wird, tritt das gleiche Material auch für den Mörtel ein, aber auch da, wo zu den Ziegeln Dolomit verwendet wird, pflegt man zuweilen für den Mörtel gebrannten reinen Kalkstein mit Theer gemischt zu verwenden.

Dieser Kalktheer ist auch ein vortreffliches Mittel, um Reparaturen im Innern der Birne auszuführen, ohne letztere abkühlen zu müssen.

Verfahren mit anderen Klebstoffen als Theer.

Um die nicht plastischen, rohen oder gebrannten Erden plastisch zu machen, sind ausser dem Thon und Theer noch die folgenden Substanzen vorgeschlagen worden, von denen sich indessen keine einzige auf die Dauer in der Praxis bewährt hat.

Kohlenstoff als Rückstand gebende Mittel.

An Stelle des Theers wurde schon bald im Anfange, nachdem Thomas seine Erfindung mitgetheilt hatte, von Riley[1]) rohes Petroleum vorgeschlagen. Auch Brown, Bayley und Dixon in Sheffield hatten 10 bis 15 Proc. dieser Substanz mit Dolomit gemischt praktisch versucht. Bei der Erhitzung verflüchtigt sich indessen das Petroleum so vollständig, dass es nicht als Bindemittel wirken kann.

Gleichzeitig wurden schon Theer und Harzöl erwähnt, aber wahrscheinlich nicht versucht.

Melaun (D. R.-P. Nr. 12562 und 12570) hat Blut, André Mehlkleister — 5 bis 6 Thle. Mehl auf 100 Thle. Dolomit —, Kirkpatrick Leinöl, Closson Leim, Ramdohr Melasse vorgeschlagen; indessen abgesehen davon, dass keine dieser organischen Substanzen so gut bindet als Theer, auch keine einen so festen kohligen Rückstand wie jener giebt, ist auch keine so leicht und billig wie Theer zu beschaffen, der als Nebenprodukt bei der Leuchtgasfabrikation und neuerdings auch bei der Kokerei gewonnen wird.

[1]) Journal of the Iron and Steel Institute 1879, p. 120.

Mineralische Klebmittel.

An Stelle des Thons, welcher lediglich plastisch machend wirkt und nur dauernd bindet, wenn nachher eine so hohe Temperatur angewendet wird, dass eine Sinterung der Ziegel eintritt, sind die folgenden Substanzen vorgeschlagen worden:

Kerpely (D. R.-P. Nr. 11348) fand, dass Dolomit, welcher mit Essigsäure gelöscht wird, plastisch wird. Zwei Theile gebrannten Dolomits sollen nach ihm mit Essig zu einem Brei angerührt, und dann mit einem Theil vorher durch Essig gelöschten Dolomits versetzt werden. Natürlich darf das Essigquantum kein solches sein, dass eine Lösung des gesammten Kalks und der Magnesia entsteht[1]).

Der mit Essig gelöschte Kalk erlangt offenbar eine so feine Vertheilung, dass dadurch die übrigen unangegriffen bleibenden Dolomittheile innig verkittet werden. Kerpely hat Probestücke vorzüglicher Ziegel geliefert; jedoch ist dieses Verfahren viel zu kostspielig, um eine praktische Anwendbarkeit zu gestatten.

Aehnlich wirkt das Verfahren von André (D. R.-P. Nr. 12250), der 2 Proc. frisch gefällten schwefelsauren Kalks zum gebrannten Dolomit setzt. Auch hier wirkt nur der sehr fein vertheilte Gyps als Plasticitätsmittel.

Auf demselben Principe beruhen auch diejenigen Verfahren, bei welchen zu dem in gröberen Stücken befindlichen gebrannten Dolomit, Kalk oder Magnesit, der Rohstoff in fein gemahlenem Zustand zugesetzt wird, oder das Verfahren Haarmann's, welcher Kalkmilch als Bindemittel benutzt.

Die meisten dieser Mittel erfüllen deshalb nur wenig ihren Zweck, weil sie die Eigenschaft der Plasticität verlieren, sobald das Wasser, mit dem sie angemengt waren, verdampft ist; die übrigen halten bis zum Brande, wirken aber dann nicht anders als jene früher kritisirten Mittel, welche die Sinterung erleichtern sollen.

Es ist somit erklärlich, dass sich keines der zahlreichen Plasticitätsmittel dem Theer gegenüber hat behaupten können.

Beispiel der Behandlung von Theerziegeln.

Zu Hörde werden nach Massenez die basischen Ziegel in den in Fig. 5 und 6 (a. f. S.) abgebildeten schmiedeisernen Formen hergestellt. Die Form wird auf eine Blechplatte gesetzt und gefüllt. Die Masse wird sehr sorgfältig eingestampft und festgeschlagen. Als Kennzeichen guter

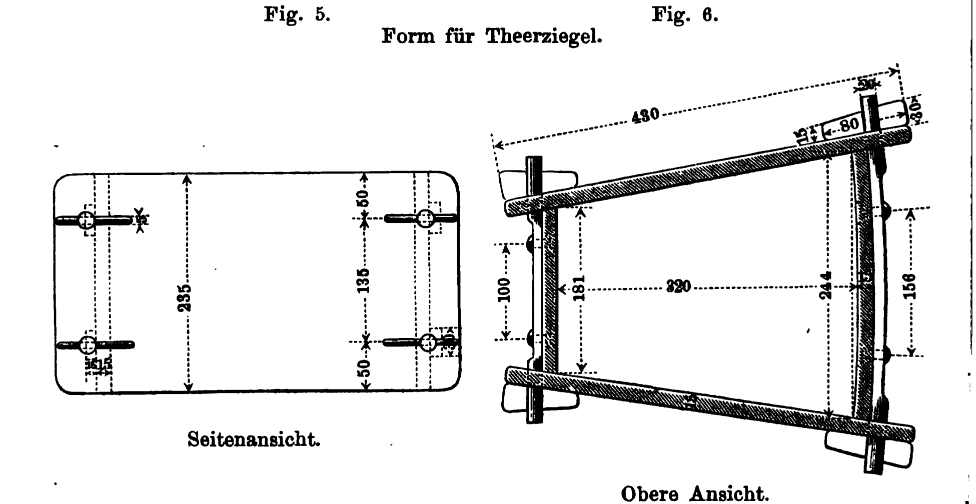
---

[1]) Vergl. Zeitschrift d. Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 26, S. 532.

Stampfung dient das Gewicht des fertigen Ziegels, welches 37 bis 38 kg betragen muss. Ein guter Arbeiter stampft 18 Stück Ziegel in 10 Stunden.

Fig. 5. Fig. 6.

Form für Theerziegel.



Seitenansicht. Obere Ansicht.

Die Steine kommen dann mit der Form in den Abflammofen, wo sie sechs Stunden bleiben, wenn sie heiss, 15 bis 16 Stunden, wenn sie kalt herausgenommen werden sollen. Entweder wird jede einzelne Form mit einer Blechplatte bedeckt, oder es kommt eine zweite Form unmittelbar darauf und nur die oberste von sechs oder sieben Lagen erhält Deckplatten.

Zu jedem der für eine Birne von zehn Tonnen Fassungsraum bestimmten Böden braucht man in Hörde 420 Stück derartiger Ziegel.

DRITTER ABSCHNITT.

EINRICHTUNG UND AUSFÜTTERUNG

DER

BIRNE.

Im Wesentlichen weicht die Einrichtung einer Birne, welche für den basischen Process bestimmt ist, nicht von der einer gewöhnlichen Bessemerbirne, wie sie bei der Darstellung des Bessemerfrischprocesses, Abth. III, S. 343 u. f., namentlich aber S. 463 und 906 beschrieben wurde, ab. Alle jene Einrichtungen, wie ein weiter, die Uebersicht des Bodens frei gestattender Hals, ein abnehmbarer Boden (Losboden) und eine möglichst nahe cylindrisch geführte Form, welche für den sauren Bessemerbetrieb schon als vortheilhaft geschildert wurden, sind beim basischen Betriebe zur Nothwendigkeit geworden.

Die Einrichtung einer früher mit saurem Futter versehenen, jetzt mit basischen Ziegeln ausgemauerten, mit Losboden versehenen Birne der Rheinischen Stahlwerke zu Ruhrort zeigt Fig. 7 (a. f. S.).

Die Grösse der Schlackenmenge beim basischen Betriebe bedingt für gleiche Füllung wie beim sauren Processe eine grössere Birne. Das Verhältniss ist etwa $= 6^1/_2 : 10$, d. h. in eine für 10 Tonnen Roheisen berechnete saure Birne können, nachdem sie mit basischem Futter versehen ist, nur $6^1/_2$, höchstens 7 Tonnen Roheisen gefüllt werden.

In vielen Fällen sind die Mäntel der alten sauren Birnen beibehalten worden, wenn sie nur einen ursprünglich ausreichenden Fassungsraum hatten. Wenige Werke, wie Peine bei Ilsede, Hörde z. Th., Witkowitz, Neunkirchen haben ganz neue Einrichtungen getroffen, jedoch zeigen auch die hier vorgesehenen Anordnungen weniger Abweichungen in der Construction der Birne selbst als vielmehr in der ganzen Anlage, welche letztere in einem späteren Capitel erörtert werden soll. Constructionen, welche den Zweck einer schnellen Auswechselung ganzer Birnen erfüllen sollen, haben sich in der Praxis nicht eingebürgert, da sich das Bedürfniss hierzu nicht herausgestellt hat.

Erheblich abweichende Birnenformen fanden sich nur zu Witkowitz in Oesterreich und zu Erimus in England. Um dieselben richtig beurtheilen zu können, ist es erforderlich, zuvor die Herstellung des Futters unter gewöhnlichen Umständen, d. h. ohne erhebliche Abänderung der alten Bessemerbirnenform, zu kennen. Diese Herstellung des Futters zerfällt, da stets Losböden angewendet werden, in die Anfertigung des eigentlichen Birnenfutters und die des Bodens.

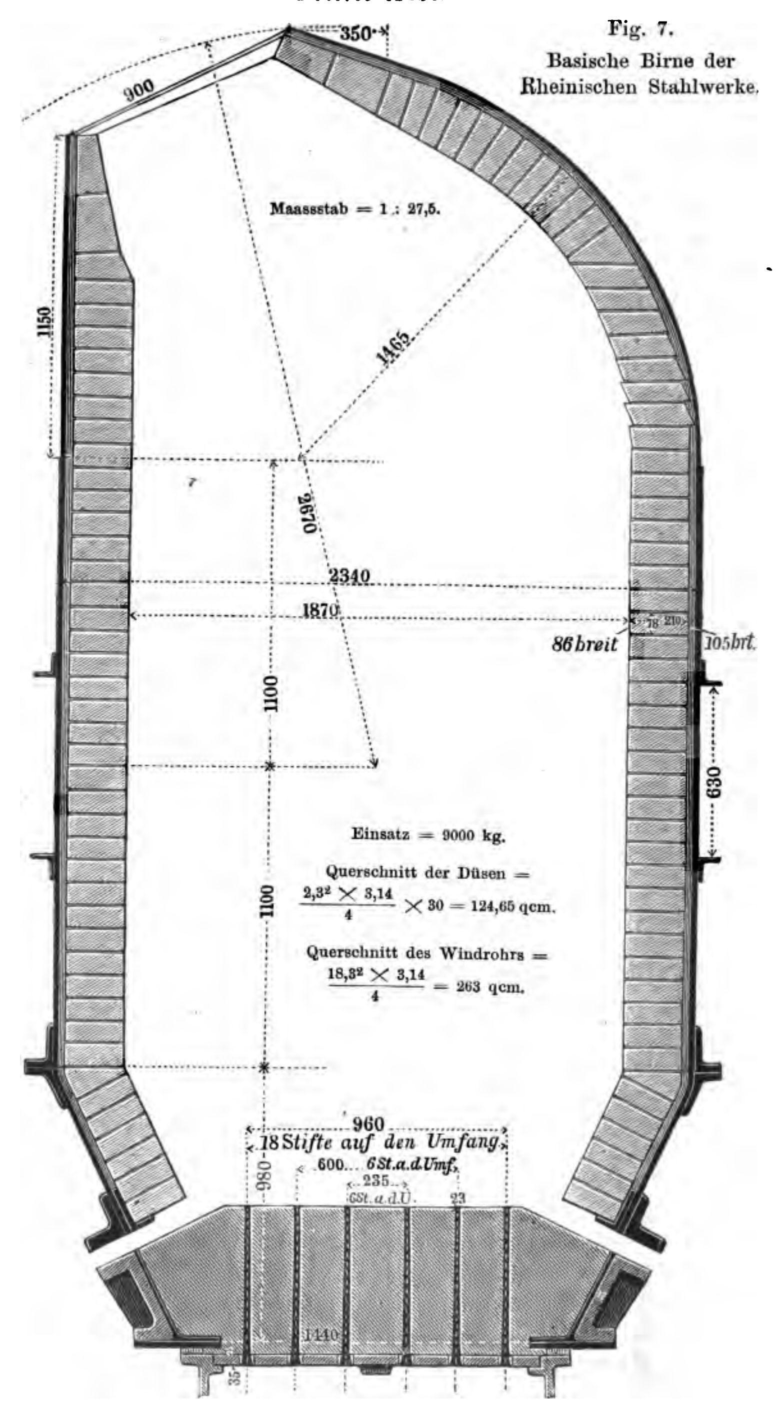


Fig. 7.
Basische Birne der Rheinischen Stahlwerke.

Anfertigung des Birnenfutters.

Das Birnenfutter wird entweder aufgemauert oder aufgestampft. Zuweilen werden beide Methoden vereinigt.

Aufmauern des Birnenfutters.

Das Aufmauern des Birnenfutters beginnt auf dem am unteren Ende des Birnenmantels befindlichen angenieteten Winkeleisen (siehe Fig. 7), welches der Regel nach etwa um die Hälfte der Futterstärke in das Innere vorspringt. Ein weiteres Vorspringen ist nicht erforderlich, sondern würde sogar beim Abschmelzen des innersten Futtertheiles die Zerstörung der Bodendichtungsfuge durch Bildung von eisenoxydulhaltiger Schlacke erheblich befördern.

Das Ausmauern mittelst der gebrannten Dolomit-, Kalk- oder Magnesiaziegel ohne Theer geschieht unter Anwendung eines aus derselben Masse bestehenden mit Wasser angefeuchteten oder besser eines mit Theer angemachten Mörtels (vergl. S. 58), das mittelst der Theerziegel meist ganz ohne Mörtel. Eine Ausmauerung nach der ersten Art bedarf nur der Abwärmung nach der Fertigstellung. Die Theerziegel dagegen müssen nach der Ausmauerung bis zum Weichwerden erhitzt werden; dann schmelzen die Fugen von selbst zu, wie überhaupt die ganze Masse erweicht und etwas zusammensinkt. Bei weiterer Erhitzung, welche durch das Abflammen der flüchtigen Kohlenwasserstoffe aus dem Theer befördert wird, tritt wieder eine Erhärtung ein, nach der das Futter fertig ist, wenn nicht noch Risse ausgefüllt werden müssen.

Die einzelnen Ziegel haben 845 (England) bis 1225 cbcm (Deutschland) Inhalt und wiegen gebrannt 2,5 bis 3, lufttrocken 5, frisch 5,5 kg[1]).

Aufstampfen des Birnenfutters.

Obwohl sich die durch Frittung des Dolomits, Kalksteins oder Magnesits hergestellte basische Masse, wenn sie mit Wasser angerührt wird, mit oder ohne einen geringen Thonzusatz hinlänglich plastisch verhält, um aufgestampft zu werden, erhält man auf diese Weise doch kein ausdauerndes Futter und zieht es daher der weit überwiegenden Regel nach vor, die gebrannte basische Masse durch entwässerten Theer plastisch zu machen.

1) Kupelwieser in Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1880.

Die mit Theer angemachte basische Masse wird der Regel nach in den durch ein eingesetztes mit Eisenblech beschlagenes hölzernes Modell und den Mantel der Birne gebildeten ringförmigen Raum mit eisernen, vorgewärmten Stösseln eingestampft, und zwar nahe dem Boden meist etwas stärker als weiter oben (z. B. 350 und 250 mm). Man stampft möglichst schwache Lagen, welche so lange behandelt werden, bis sie beim Stampfen keine Eindrücke mehr hinterlassen; dann wird die Oberfläche aufgekratzt, und eine neue Schicht aufgegeben.

Eine zweite z. B. zu Middlesborough angewendete Methode beruht darauf, dass die Mischung des basischen Materials mit Theer in Form von Klumpen, welche durch Erwärmung in breiigen Zustand versetzt sind, in den ringförmigen Zwischenraum geworfen werden, welcher einerseits wieder durch den Birnenmantel, andererseits aber durch ein hohles Gusseisenmodell gebildet wird. Letzteres, welches im Wesentlichen der in Fig. 8 auf S. 68 abgebildeten Vorrichtung gleicht, wird geheizt und schmilzt die breiige Masse vollständig ein, welche dadurch den ganzen Zwischenraum dicht ausfüllt und schliesslich bei fortgesetztem Feuern ebenfalls vollkommen fest wird.

Gemischte Methode.

Zuweilen wird die Methode des Ausmauerns mit der des Ausstampfens vereinigt. In diesem Falle stampft man der Regel nach den Theil der Birne, welcher nach unten liegt und mauert nur den Hals aus.

Zu Oberhausen wird ein aus kurzen Steinen bestehendes dünnes Futter aufgemauert und gleichzeitig der zwischen demselben und dem Birnenmantel verbleibende Raum aufgestampft.

In allen solchen Fällen ist der Zweck, an Arbeitslohn zu sparen; aber die Haltbarkeit des Futters scheint nicht vergrössert zu werden, so dass man fast überall, wo eine dieser gemischten Methoden eingeführt war, auf das einfache Aufstampfen des Birnenfutters zurückgekommen ist.

Andere Methoden.

Dering in Lockleys hat sich unter Nr. 10762 ein Verfahren zur Herstellung des Futters patentiren lassen, welches in der Benutzung eines konischen Dornes besteht. Dieser soll mit Gewalt (z. B. durch eine Dampfwinde) durch die in der Birne befindliche lose Futtermasse gezogen werden, wodurch letztere gegen die Wandungen gepresst wird. Das Verfahren ist sicherlich unzureichend zur Erzielung eines haltbaren Futters.

Haltbarkeit des Futters.

Man giebt dem Futter am Boden eine Stärke von 210 bis 650, oben von 150 bis 450 mm.

Während die durch Aufmauern basischer Ziegel mit Mörtel hergestellten Futter etwa 45 bis 55 Hitzen aushalten, vertragen die mit Theermasseziegeln aufgemauerten 60 bis 90, die mit Theermasse aufgestampften 80 bis 130. Während Thomas selbst noch im Jahre 1881[1]) als Durchschnitt 50 Hitzen für die Haltbarkeit eines basischen Futters angab, werden jetzt der Regel nach 100 bis 120 Hitzen ausgehalten, obwohl es, wie bei den sauren Futtern, hin und wieder vorkommt, dass schon nach wenigen, zuweilen schon nach der ersten Hitze das Futter unbrauchbar geworden ist.

Hinsichtlich der Haltbarkeit des Futters ist daher Alles erreicht, was erforderlich erscheint, um einen ununterbrochenen Betrieb zu sichern, wenn die Reparaturen schnell genug ausgeführt werden können. Dies ist aber nicht in so kurzer Zeit möglich, wie bei der Herstellung saurer Futter, und daher hat sich die Nothwendigkeit ergeben, mit drei Birnen gemeinschaftlich zu arbeiten.

Die Haltbarkeit der verschiedenen Erdbasen hat Wasum untersucht. Derselbe giebt folgende Resultate an[2]):

Die Haltbarkeit der basischen Steine in trockner Luft wächst mit der Höhe der Brenntemperatur und der Dauer der Einwirkung dieser Temperatur. Magnesiasteine zerfallen meist innerhalb eines Vierteljahrs, Kalk- und Dolomitsteine bereits nach zwei bis vier Wochen. Durch das Abkühlen mit Wasser wird die Haltbarkeit sehr beeinträchtigt. Kalk- und Dolomitziegel zerfallen innerhalb weniger Tage, Magnesiaziegel erhalten nur Risse, die zur späteren Zerstörung beitragen. Ein Thonzusatz erhöht die Standhaftigkeit nach dieser Richtung. Wichtig für den Process ist, dass ein wiederholtes Abwechseln zwischen Glühen und Abkühlen durch Wasser, die Standhaftigkeit eher erhöht, so dass so behandelte Kalkziegel 6 bis 8, Dolomitziegel $8^1/_2$ bis 21 Tage stehen.

Reparaturen des Futters.

Das basische Futter wird, wenn hinreichende Mengen von Zuschlägen gegeben werden, im Ganzen durch den chemischen Process selbst nicht erheblich angegriffen, wie die Zahl der in einer und derselben Masse ausführbaren Hitzen beweist. Trotzdem kommt an einzelnen Stellen un-

[1]) Stahl und Eisen, 1881, Nr. 5, S. 183. — [2]) Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses, 1884, Abhandl., S. 104 u. f.

gleichförmige Abnutzung vor und es bilden sich Löcher und Spalten, die sofort nach Vollendung der Hitze ausgefüllt werden müssen, wenn sie nicht Veranlassung zu viel erheblicheren mechanischen Zerstörungen geben sollen.

Solche Stellen werden ohne Abkühlung der Birne mit Kalktheer reparirt, welcher durch Mischung von todtgebranntem Kalkstein oder Dolomit mit warmem Theer hergestellt worden war. Die schwach teigige Masse wird mit einem eisernen Instrument durch die Mündung eingeführt und an die Stelle angeschlagen, welche reparaturbedürftig ist. Sie fliesst dort aus einander und erhärtet schnell unter Verdampfung der flüchtigen Kohlenwasserstoffe.

Fig. 8.



Patrize zur Birnenreparatur.

Eine zweckmässige Methode zur Reparatur schon erheblich zerstörter gestampfter Futter geschieht auf ähnliche Weise, wie die oben beschriebene Neuherstellung, um erhitzte eiserne Formen. Das Verfahren ist unter Nr. 14005 im Deutschen Reiche patentirt und wird wie folgt ausgeführt:

„Möglichst rasch nach der letzten Hitze, während die Birne noch sehr heiss ist, wird eine Partie Koks in die Birne eingebracht und durch Anlassen des Windes in Glut gesetzt. Nachdem der Wind abgestellt und auf der Mündung der Birne ein Rost *a* (Fig. 8) angebracht worden ist, wird die Birne derart um ihre Axe gedreht, dass die Mündung derselben nach unten und der Boden der Birne nach oben zu stehen kommt.

„Nun wird schleunigst der untere Theil der Birne abgehoben und eine gusseiserne oder blecherne, aus einem oder mehreren Theilen bestehende Patrize *b* in die Birne eingesetzt. Die äussere Form der Patrize entspricht im Wesentlichen dem inneren Hohlraum der fertigen, neu zu-

gestellten Birne oder wenigstens einem Theile der letzteren. Die Patrize ist so beschaffen, dass sie von innen aus stark erhitzt werden kann. Zu diesem Zwecke ist sie ganz oder theilweise hohl hergestellt, so dass sie durch die abziehenden heissen Gase des auf dem Rost *a* liegenden Koksfeuers oder auch durch frische Koks direct geheizt werden kann.

„Nachdem die Patrize *b* in die Birne eingebracht ist, wird der Zwischenraum zwischen der Patrize und der abgenutzten Birnenwand mit einer basischen Masse ausgefüllt, welche mit so viel Theer angemacht ist, dass dieselbe im kalten Zustande kaum bindend, im heissen hingegen etwas flüssig ist. Der Theer kann auch ganz oder theilweise durch andere Körper, welche bei trockener Destillation Koks hinterlassen, wie Asphalt, Pech etc., ersetzt werden. Nachdem der Zwischenraum *c* zwischen der Patrize und dem Futter *d* mit basischer Masse angefüllt und, wenn nöthig, die Masse durch Stampfen etwas festgedrückt worden ist, wird durch die hohle Patrize Koks nachgefüllt und dieselbe hierdurch so stark geheizt, dass die eingebrachte basische Futtermasse in sich zusammenbackt. Auch tritt an der Berührungsfläche der basischen Füllmasse mit der von früher noch stehengebliebenen, in glühendem Zustande befindlichen basischen Ausfütterung in Folge der Verkokung eine innige Verbindung ein, so dass alte und neue Ausfütterung fest an einander haften.

„Man heizt so lange, bis die Verkokungstemperatur in das Innere der Futtermasse eingedrungen ist.

„Hierauf wird nach Entfernung des Rostes *a* der Koksrest aus der Birne geschüttet und die Patrize aus der Birne genommen.

„Letztere Operation wird wesentlich erleichtert, wenn die Patrize derartig construirt ist, dass sie sich in mehrere Theile zerlegen lässt.

„Nachdem der Untertheil der Birne, welcher mittlerweile ebenfalls erneuert worden, wieder angesetzt ist, steht der Apparat zum Gebrauch fertig. Auch kann die Patrize kurz nach dem Einbringen der Füllmasse aus der Birne entfernt und das Festbrennen des Futters durch das Koksfeuer direct bewirkt werden."

Durch dieses Verfahren lässt sich das Futter einer basischen Birne in sechs Stunden repariren, ohne dass ihre Abkühlung abgewartet zu werden brauchte.

Einfluss der Schlacke auf die Zerstörung des Futters.

Die stärksten Zerstörungen des Futters finden durch die Schlacke statt, und zwar nicht, wie man vermuthen sollte, an der oberen Grenze des Eisenbades, wo sich die Schlacke sammelt und in fortwährender Berührung mit dem Futter steht, sondern an der Mündung der Birne und an der beim Kippen der Birne behufs des Ausgiessens liegenden unteren Seite (dem Rücken).

Die Zerstörung ist viel weniger einer directen, als vielmehr einer durch die Nothwendigkeit, die gebildeten Schlackenansätze abzustossen, hervorgerufenen indirecten Einwirkung zuzuschreiben.

Auf manchen Werken war die Verengung der Mündung so bedeutend, dass schon nach den ersten Hitzen in einem neuen Futter der Betrieb unterbrochen und die Schlacke ausgebrochen werden musste.

Eine grosse Zahl verschiedener Hülfsmittel wurden vorgeschlagen, um diesem Uebelstande zu begegnen.

Das erste Mittel, welches man versuchte, war chemisch-physikalischer Natur. Die Schlacke sollte durch bestimmte Zusätze, namentlich Natrium- oder Kaliumsalze (Carbonate, Chloride), auch Flussspat, dünnflüssiger gemacht werden. Der Erfolg war indessen ungünstig. Weil dagegen da, wo man ein stark manganhaltiges Roheisen verarbeitete, die Uebelstände ganz von selbst fortfielen, versuchte man den absichtlichen Zuschlag von Manganerz (Braunstein u. s. w.), jedoch ohne gleichen Erfolg. Die Erklärung dieses Misserfolges liegt in dem Fehlen der zur Bindung des Mangans nöthigen Kieselsäure.

Das nächste Mittel bestand in der Erweiterung der Mündung; aber auffallender Weise erreichte man auch hierdurch keinen Erfolg; im Gegentheil wurden die Schlackenansätze noch stärker. Die Erklärung fand sich in der durch die Vergrösserung des Halses eintretenden Verringerung der Gaspressung im Inneren der Birne. Gerade das Umgekehrte, Verengung des Halses oder bei gleichbleibender Weite Verstärkung der Windpressung, brachte günstigere Resultate hervor.

Ein drittes Gegenmittel suchte man in der Ausfütterung derjenigen Stellen, an denen sich besonders Schlackenansätze fühlbar machten, mit feuerfesten Thonziegeln, also einem sauren Material. Von einem solchen Futter tropft nämlich die Schlacke stets wieder ab und wenn sich einmal erstarrende Ansätze bilden, so lassen dieselben sich ohne erhebliche Verletzung der Masse ausbrechen. Aus diesem Grunde hat man auch bei dem sauren Bessemerprocesse niemals über lästige Schlackenansätze zu klagen gehabt.

Man mauerte daher zuerst den Hals der Birne, sodann den an der Grenze des Metallbades befindlichen Kranz, endlich auch zwei den Schlackenlinien beim Ausgiessen folgende Streifen mit Thonziegeln aus. Das Mittel half thatsächlich vorzüglich; aber die mit der Schlacke in das Eisenbad zurücklaufende kieselsäurereiche Steinmasse genügte, um den Entphosphorungsprocess zu verschlechtern oder ganz zu verhindern.

Zwischen den Berührungsstellen von basischen und sauren Futtermaterialien musste eine Trennungsschicht aus neutralem Materiale eingefügt werden, wozu man eine schwache Lage eines Gemisches von Koksstücken und Theer wählte. Trotzdem boten gerade diese Stellen die ersten Angriffspunkte für die Abnutzung.

Ferner versuchte man durch Einblasen von Luft in die Mündung und Verbrennung des in dem Gasstrome enthaltenen Kohlenoxyds

die Temperatur so zu erhöhen, dass die sich ansetzende Schlacke nicht erstarren konnte, sondern zurückfliessen musste. Abgesehen von der Complication der Apparate war aber auch hierdurch kein nennenswerther Erfolg zu erreichen.

Endlich glaubte man durch die Form der Birne dem Uebelstande Einhalt zu thun. Es zeigte sich nämlich, dass, je seltener die Birne gekippt wurde, um so weniger Ansätze entstanden — weshalb man schon, so viel wie möglich auf Erfahrung sich stützend, das Nachblasen nach Zeit,

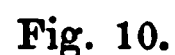
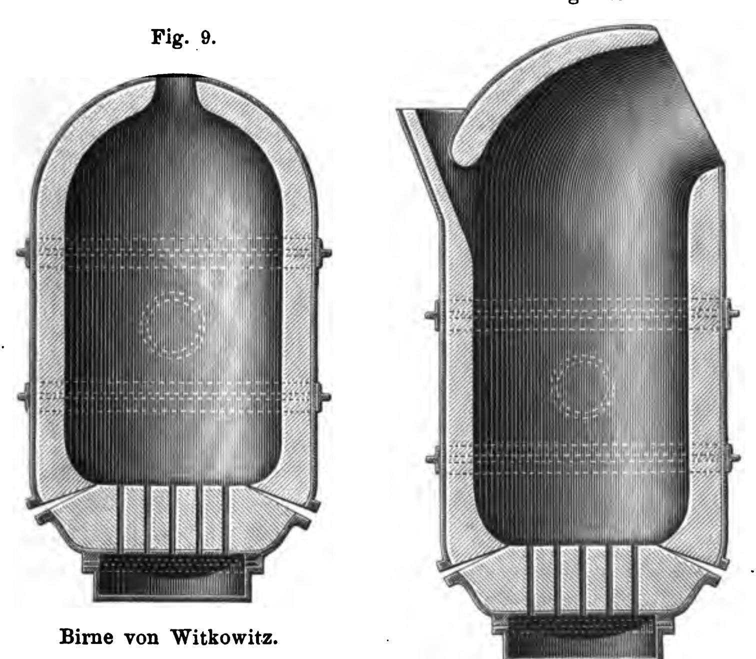


Fig. 10.

Fig. 9.



Birne von Witkowitz.

Birne von Erimus.

nicht nach Probe ausführte — und dass ferner den Ansätzen an der Rückenseite des Halses ein Ausbrennen der entgegengesetzt liegenden Bauchseite entsprach.

In Witkowitz[1]) wählte man daher eine eiförmige vollkommen symmetrische Birnengestalt, welche in Figur 9 abgebildet ist. Eine solche Birne wird abwechselnd nach beiden Seiten ausgegossen, dadurch der sich jedesmal an der einen Seite bildende Schlackenansatz beim nächsten Kippen behufs des Ausgiessens wieder abgeschmolzen, und die Oeffnung des Halses, welche von vornherein ein wenig elliptisch hergestellt worden war, stets gleich gross und rein genug erhalten.

[1]) Stahl und Eisen, 1881, V, S. 183.

Obwohl durch diese Construction der Zweck recht gut erreicht wird, bleibende Ansätze zu vermeiden, hat sie doch den Nachtheil, dass die ausgeworfenen Eisen- und Schlackentheile, welche gerade beim basischen Processe oft recht reichlich sind, auf den Mantel der Birne zurückfallen, auf dem sie herabfliessen und selbst bis zu den Zapfenlagern vordringen, was durch die schiefe Lage der Mündung bei gewöhnlicher Construction vermieden wird [1]).

In Erimus-Hütte bei Middlesborough ist eine Form gewählt worden, welche einigermaassen an die erste Idee zur Entphosphorung seitens des Verfassers (S. 10) erinnert. Es wurde ein auf der Rückenseite der Birne abzweigender Hals angebracht, wie Fig. 10 (a. v. S.) zeigt, um die Schlacke abgiessen zu können, ohne sie überhaupt mit der Mündung in Berührung zu bringen. Obwohl über die Brauchbarkeit dieser Einrichtung nichts in die Oeffentlichkeit gekommen ist, muss doch ihre hinreichende Dauerhaftigkeit bezweifelt werden [2]).

So hat denn eigentlich keines dieser Hülfsmittel einen ganz ausreichenden Erfolg gehabt. Dagegen hat sich herausgestellt, dass bei der sorgfältigen Ausstampfung des Halses mit einer theerreichen basischen Masse und namentlich bei Verwendung eines manganreichen Roheisens die Nachtheile, welche durch Schlackenansätze hervorgerufen werden, so gering sind, dass sie durch Abstossen und Reparatur des Futters an den verletzten Stellen mit Kalktheer leicht ausgeglichen werden können.

Anfertigung des Bodens.

Im Anfange der Einführung des basichen Bessemerprocesses gab man sich grosse Mühe, nicht nur den Boden selbst, sondern auch die Formen aus basischem Materiale herzustellen, ohne hierbei einen ganz genügenden Erfolg zu haben. Zur Herstellung basischer Formen hatte Thomas eine Mischung von 85 Thln. gemahlenem Kalk, 10 Thln. Thon und 5 Thln. Wasserglaslösung, oder 94 Thln. Kalk und 2 bis 6 Thln. gepulvertem Eisenstein vorgeschlagen. Diese Mischungen bewiesen sich indessen als ganz ungeeignet.

Bessere Resultate in Herstellung basischer Formen lassen sich durch Verwendung einer bereits im Ziegelofen gebrannten, danach gemahlenen und mit einigen Procenten Theer versetzten Masse erreichen. Aber auch bei solchen Formen, und selbst wenn man zur Herstellung die feinste Magnesia, wie sie durch den Closson'schen oder Scheibler'schen Process (Seite 43 und 44) gewonnen wird, anwendet, ist ein so starkes Verziehen und Werfen beim Brennen nicht zu vermeiden, dass ohne nochmaliges Abschleifen kaum eine Verwendung möglich wird.

---

[1]) Sie ist daher neuerdings wieder aufgegeben worden. — [2]) Vergl. Stahl und Eisen, 1882, II, S. 57.

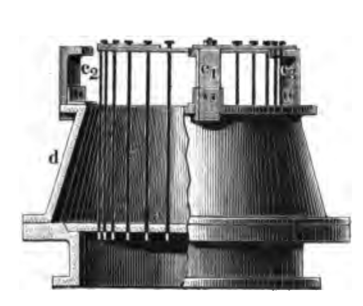
Daher ist man jetzt ganz davon abgekommen, basische Formen zu benutzen, sondern stellt den Boden entweder als sogenannten Dornboden so her, dass einzelne Windlöcher beim Aufbauen des ganz aus basischen Materialien hergestellten Bodens frei bleiben, oder setzt aus feuerfestem Thon hergestellte (saure) Formen in einen im Uebrigen aus basischen Materialien angefertigten Boden ein.

Herstellung basischer Dornböden.

Das Aufstampfen der basischen Dornböden geschieht genau so wie das der sauren nach dem Verfahren von Rühle v. Lilienstern[1]).

An Stelle der Einlage in der Windbüchse, welche mit den üblichen Oeffnungen zum Einsetzen der Formen versehen ist, wird eine besondere Einlage *a* (Fig. 11), welche so viel Löcher hat, als Düsen angewendet werden sollen, benutzt. Der obere Rand der Bodenform wird durch ein Kreuz (c_1, c_2, c_3) mit einer solchen Anzahl, der Regel nach drei, Ringen verbunden, als Düsenreihen angewendet werden sollen. In diesen Ringen

Fig. 11.





Dornboden.

(b_1, b_2, b_3) befinden sich genau senkrecht über denjenigen der Bodenplatte die Löcher zum Halten der Dorne, welche letztere durch einen breiteren Knopf festgehalten werden. Ein genügender Zwischenraum zwischen Ringen und Nadeln gestattet die bequeme Einführung der Stampfer, die in zwei Arten von Eisen bestehen. Die eine Art ist cylindrisch und besitzt an einer Seite einen rinnenförmigen Ausschnitt, der sich an die Peripherie der Nadeln anschliesst, die andere Art ist drei- oder vierkantig.

Hatte man auch die Böden anfangs aus gefrittetem basischen Material mit Thon- oder Wasserglasbindemittel hergestellt, so ist man doch hier besonders schnell zur Anwendung der theerhaltigen Masse übergegangen.

Als äussere Hülle und Modell dient der Regel nach ein gusseiserner, zuweilen auch ein blecherner Mantel.

---

1) Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfleisses 1879, Verh. S. 316.

Ist der Boden mit dem erwärmten Eisen in ganz schwachen Lagen fertig aufgestampft, so wird er mit einer schwachen Schicht Sand oder gepulvertem Thoneisenstein bedeckt und im Ofen abgeflammt.

Als Trocken- oder Abflammöfen dienen der Regel nach einfache gemauerte Räume, deren Sohle von der Tragplatte des den Boden aufnehmenden Wagens, welche mit ihren abwärts gebogenen Rändern in mit trocknem feinen Sande gefüllte Rinnen greift, gebildet wird. In einzelnen Fällen, z. B. zu Rotheerde, benutzt man Kanalöfen, die 18 bis 20 einzelne Böden aufzunehmen im Stande sind. Jeder der letzteren ruht auf einem Wagen, dessen Platte über die des vorhergehenden falzartig übergreift, während die nach unten umgebogenen Seitenränder ebenfalls in Sandrinnen gleiten.

Als Material dient todtgebrannter Kalk oder Dolomit, der sorgfältig auf etwa erbsengrosse Körner abgesiebt ist, ehe er mit dem Theer (7 bis 12 Procent) gemischt wird. Um einen 420 bis 450 mm starken Boden aufzustampfen, sind mindestens 40 bis 50 Lagen nöthig, wenn gute Haltbarkeit erzielt werden soll.

Die Zahl und Grösse der Windröhren ist, wie beim sauren Processe, auf den einzelnen Hüttenwerken ziemlich verschieden.

Man hat z. B. in Witkowitz	35	Windöffnung.	v.	12 bis 17	mm	Durchm.
dagegen in Rotheerde . . .	64	"	"	15	"	"
und in Kladno sogar . . .	84	"	"	10	"	"

Basische Böden mit sauren Formen.

Während, wie oben erwähnt, basische Böden mit besonders eingesetzten basischen Formen wohl nirgends mehr angewendet werden, finden sich basische Böden mit sauren Formen sehr häufig. Ein Nachtheil für den Process hat sich dabei nicht herausgestellt, und es sind daher die Kosten entscheidend, welche an vielen Orten geringer ausgefallen sind, als wenn Nadelböden angewandt wurden.

Die Herstellung geschieht entweder so, dass die sauren Formen, welche dann in ähnlicher Weise, wie die Nadeln bei Herstellung der Nadelböden, in ihrer Lage festgehalten werden, unmittelbar benutzt und mit basischer Masse umgeben, oder dass an ihrer Stelle zuvörderst Metallkerne eingesetzt und später gegen die Formen ausgetauscht werden.

In jedem Falle kann die basische Masse durch Aufmauern, durch Aufstampfen oder durch eine gemischte Methode hergestellt werden.

Das Aufmauern geschieht am seltensten, weil es sorgfältig abgeschliffene, nicht mehr schwindende basische Ziegel voraussetzt, welche sich genau an die Formen und den Rand anschliessen. Man baut den Boden dann aus zwei bis fünf über einander liegenden Lagen von Ziegeln im Verbande auf. Die gewöhnliche Stärke der Ziegel ist 160 bis 165 mm.

Zu Teplitz bringt man zwischen die in geneigter Richtung aufgestellten Formen zu unterst zwei Reihen flach liegender basischer Ziegel, darauf keilförmig stehende Ziegel, welche, mit ihrer schmalen Seite nach oben gerichtet, ein scheitrechtes Gewölbe bilden. Die Zahl der Formen beträgt 6, deren jede 7 Düsen von 18 mm Durchmesser umschliesst.

Das häufigste Verfahren ist das Umstampfen der in ihrer Lage durch eingeschobene eiserne Nadeln festgehaltenen sauren Formen. Diese stehen der Regel nach senkrecht, so z. B. in Neunkirchen, wo die acht Formen in nachstehender Art in den Ecken zweier Quadrate vertheilt sind:

```
0     0
  0 0
  0 0
0     0
```

oder in Hayingen, wo 13 Formen von je acht Düsen gleichmässig vertheilt sind. In Witkowitz dagegen, wo fünf Formen zu je sieben Löchern ebenfalls ziemlich gleichmässig vertheilt sind, und wo zwei der fünf Formen Düsen von 17, drei von nur 12 mm Durchmesser haben, werden Eisenkegel eingestampft und erst nach dem Brennen (welches bei Rothglut mehrere Tage hindurch geschieht) durch die Formen ersetzt.

Das gemischte System wird so ausgeführt, dass ein innerer, die Formen umschliessender Boden, welcher nach oben verjüngt zuläuft und unten die ganze Breite ausfüllt, aufgemauert und gebrannt, danach in den eigentlichen Bodenmantel eingesetzt wird. Der bleibende ringförmige, im Querschnitt dreieckige Raum wird nun ausgestampft und das Ganze abgeflammt.

Andere Verfahren zur Herstellung von Böden.

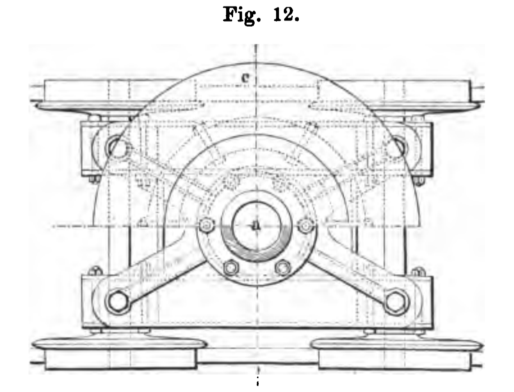
Koppmayer in Königshütte liess sich unter Nr. 9384 ein deutsches Reichspatent auf die Anwendung von schmiedeisernen Röhren geben, welche in die Bodenplatte eingeschraubt und dann umstampft werden sollten. — Auf einzelnen Werken werden die sauren Formen mit einer dünnen Schicht Bauxit, Magnesia oder Chromeisenerzpulver umgeben und dann erst mit basischer Masse umstampft.

Ansetzen der Böden.

Die Dichtung der Böden an das Birnenfutter geschieht durch Einlage einer Rolle, welche aus einem warmen Gemisch von Theerkalk oder Theerdolomit hergestellt ist (vgl. Fig. 7, S. 64). Die noch bleibende äussere Fuge wird durch Einstopfen einer gleichen Masse vollends ausgefüllt.

Das Andrücken des Bodens erfolgt der Regel nach durch hydraulische Vorrichtungen, welche nur noch selten permanent in der Sohle der Hütte befestigt, sondern der Regel nach mit dem Wagen, der den Boden trägt, verbunden werden.

Fig. 12.



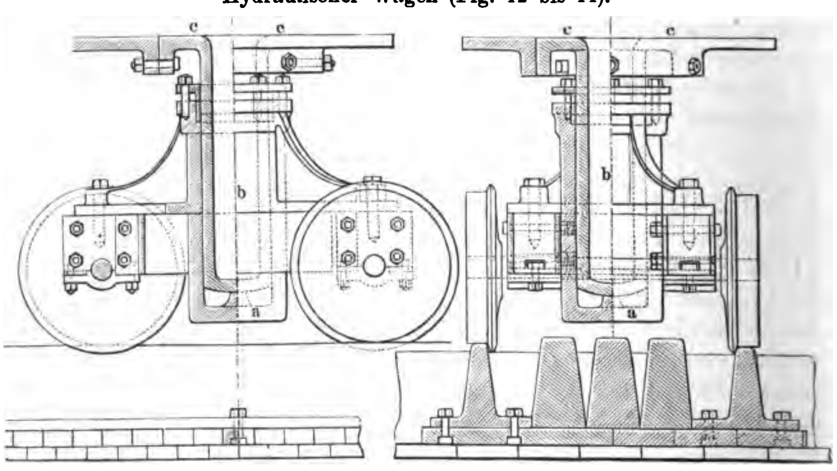
Obere Ansicht und Horizontalschnitt.

Einen solchen Wagen mit hydraulischem Cylinder, der nach Einstellung des Wagens direct unter der Birne durch Anlegen eines Gummischlauchs mit dem Accumulator verbunden wird, zeigen die Figuren 12, 13, 14.

Der auf vier Rädern laufende Wagen trägt fest mit seinem Gestell verbunden und durch vier Rippen versteift den hydraulischen Cylinder *a*, welcher unten mit einem kleinen Stutzen versehen ist, an den ein Gummischlauch durch Bajonettverschluss befestigt werden kann.

Fig. 13. Fig. 14.

Hydraulischer Wagen (Fig. 12 bis 14).



Längsschnitt. Querschnitt.

In dem Cylinder bewegt sich der hohle Mönchskolben *b*, welcher unmittelbar die Platte *cc* trägt.

Behufs leichterer Einstellung des Bodens ist die Platte *cc* hohl oder öfters nur mit einem auf der Mitte befestigten Ringe ausgerüstet, in welchen der in der Mitte des Bodenstückes angebrachte Zapfen passt.

Eine ganz eigenthümliche Methode wird in Witkowitz angewendet. Hier werden die unter der Birne durchführenden Schienen, auf denen der Bodenwagen steht, durch einen hydraulischen Kolben, der darunter liegt, dachförmig gehoben. Das andere Ende der beiden Geleisstücke, welche sich beim Anheben von einander entfernen, jedoch noch immer den Rädern des Wagens zur Unterlage dienen, dreht sich in je 6 m von der Birne abliegenden horizontalen Zapfen [1]).

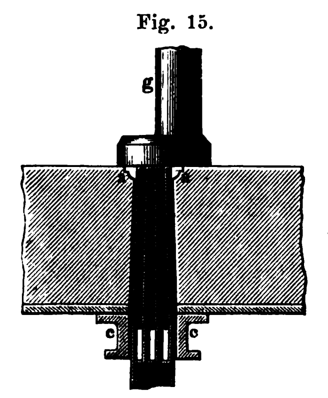
Haltbarkeit der Böden; Reparatur derselben.

Eine der grössten Schwierigkeiten bei Einführung des basischen Bessemerprocesses bot die geringe Haltbarkeit der Böden.

Noch 1881 theilte Thomas selbst mit, dass die Durchschnittsdauer der Böden 14 Hitzen sei, während die Zahlen auf den einzelnen Werken von 8 bis 21 Hitzen schwankten. In Hörde hatte man damals nach Pink eine Dauer von 9 Hitzen bei gestampften, etwas mehr bei gemauerten Böden.

Jetzt ist man viel weiter gekommen. In Creusot macht man 15 bis 20, in Rotheerde 18 bis 20, und überall im Durchschnitt 18 Hitzen mit einem Boden. Um dies erreichen zu können, muss indessen während des Gebrauchs eines und desselben Bodens zwischen je zwei Hitzen eine sorgfältige Besichtigung und Reparatur stattfinden. Bei gestampften Nadelböden wird diese Reparatur einfach durch Theerkalk oder Theerdolomit ausgeführt, während die einzelnen Oeffnungen durch Nadeln offen gehalten bleiben.

Fig. 15.



Bodenstampfer.

Bei Böden mit sauren Formen ist eine stete Auswechselung aller schadhaft gewordener Stücke das Hauptererforderniss. So wechselt man in Teplitz nach jeder Hitze zwei von den sechs Formen aus und erreicht dadurch eine Haltbarkeit bis zu je 30, ja 40 Hitzen [2]).

Zur Reparatur der hierbei verletzten basischen Bodentheile bedient man sich des in Fig. 15 abgebildeten Instruments. Die an dem durch das Stück *c* geführten Halter *b* befestigten Nadeln verhindern ein Eindringen des zur Reparatur der schadhaften Stellen bei *aa* dienenden Theerkalks in die Düsen, während mit dem Stampfer *g* die Masse angedrückt wird [3]).

---

[1]) Stahl und Eisen, 1881, Nr. 5, S. 183. — [2]) Iron and Steel, II, p. 458. — [3]) Vergl. Reichspatent Nr. 15088.

Die Birne zu Peine.

Um die Einzelnheiten der Anordnung einer basischen Birne zu zeigen, ist die Zeichnung einer solchen von der Peiner Thomashütte gewählt, welche der Verfasser der Liebenswürdigkeit der Directoren der Ilseder Werke verdankt.

Fig. 16 bis 19 auf Taf. I zeigen die Birne sammt Zubehör in Seitenansicht, Verticalschnitt, Rückenansicht und Horizontalschnitt.

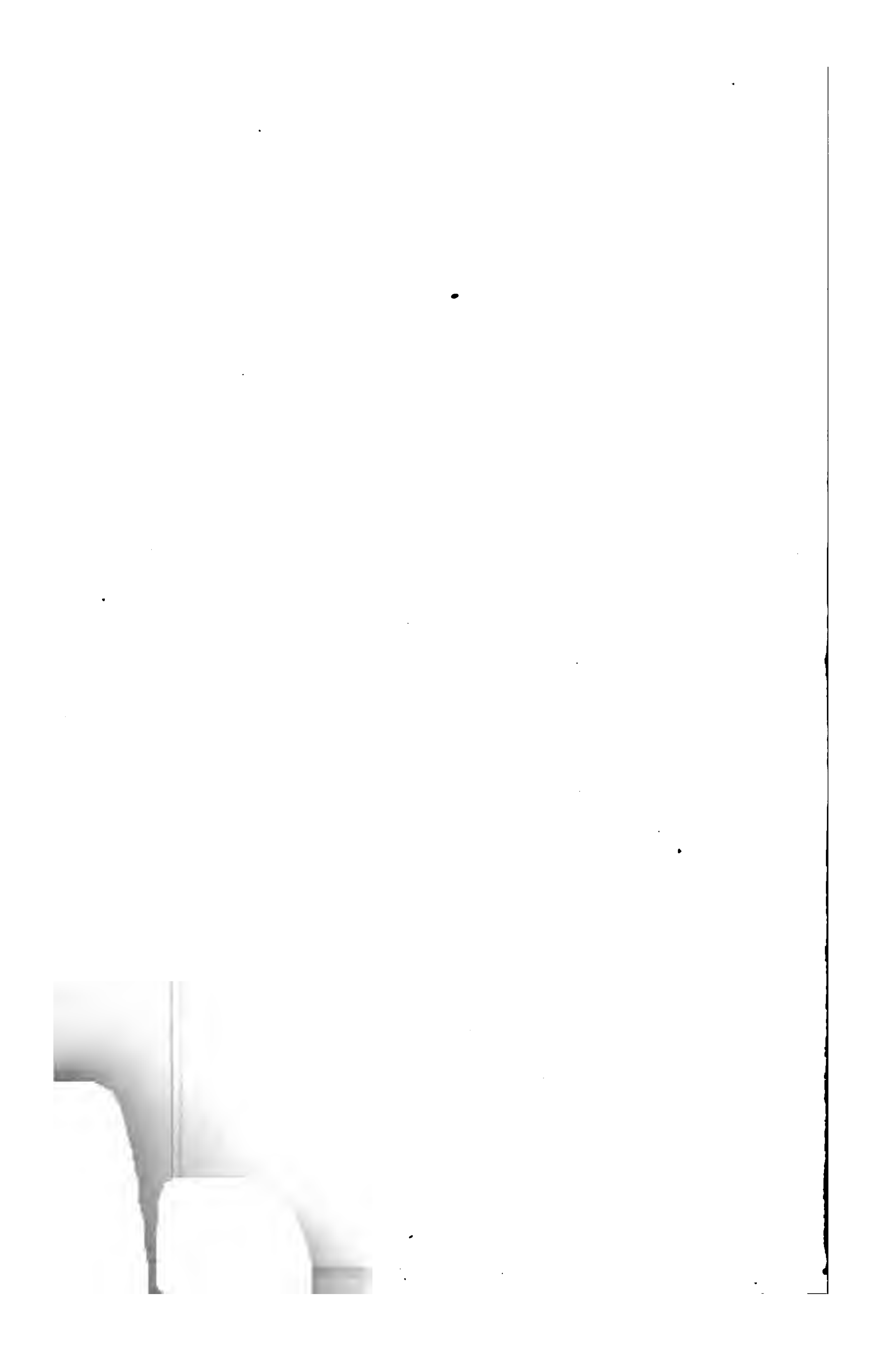
Die eingeschriebenen Maasse erläutern hinreichend die Zeichnung. Die Aufmerksamkeit des Lesers wird indessen besonders auf die eigenthümliche Construction des Bodens hingelenkt, welcher abweichend von der üblichen Anordnung sich um den Losboden in Form eines horizontalen Ringes erweitert, ehe die Wände sich anschliessen. Man glaubt eine grössere Haltbarkeit durch diese Anordnung erzielt zu haben. Während der Durchmesser des Losbodens am oberen Rande 1,2 m beträgt, sind die sich nach oben erweiternden Wandungen, da wo die Abrundung der Unterkante aufhört, 2,1 m von einander abstehend. Ein nicht zu unterschätzender Vortheil dieser Einrichtung ist die Leichtigkeit, mit welcher der Boden ausgewechselt werden kann, ohne den Windkasten zu entfernen. Ist nämlich die Deckplatte des letzteren abgenommen, so lässt sich der Boden frei hindurchziehen.

Das Auswechseln der Birne.

Die Reparatur und Neuausfütterung der Birne selbst geschieht der Regel nach am Orte der Benutzung, während der Boden als Losboden in besonderen Räumen fabricirt und getrocknet bezw. gebrannt wird, um im fertigen Zustande der Birne angefügt zu werden. Man braucht zu diesem Zwecke indessen, wenn ein regelmässiger und ununterbrochener Betrieb aufrecht erhalten werden soll, drei Birnen für ein System und für diese mindestens 6, gewöhnlich 8, besser 10 bis 12 Böden.

Um nun die meist nur auf zwei Birnen für jedes System eingerichteten älteren Werke ohne erhebliche Umänderung benutzen zu können, hat, nachdem alle Versuche, die Birne, abgesehen vom Boden, in einzelne Theile zu zerlegen, sich nicht bewährt hatten, wie es scheint, zuerst A. Holley den Vorschlag gemacht, die ganze Birne auszuheben und in einen besonderen Reparatur- oder Futterraum zu bringen.

Bei der Furcht, dass der Theil des Birnenfutters, an welchen die Schlackendecke des Eisens anschlägt, am meisten ausgefressen werden würde, war man darauf gekommen, ein besonderes abnehmbares Unter-



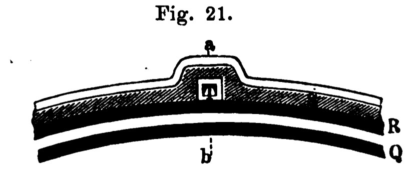
theil zu construiren. Dies bewährte sich indessen z. B. zu Neunkirchen, wo es eingeführt war, gar nicht, da es nur mit grosser Mühe und erheblichem Zeitverlust gelang, ohne Abkühlung der Birne das Stück ab-

Fig. 20.



Verticalschnitt nach *ab* Fig. 21.

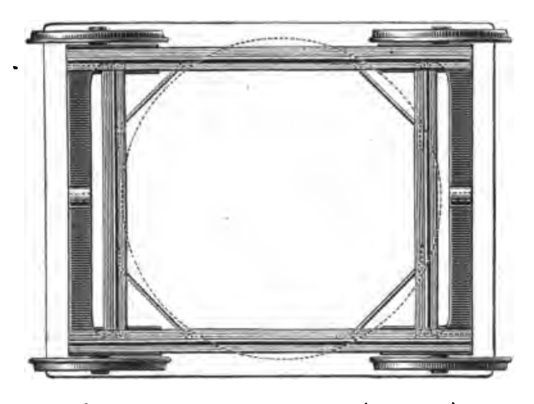
Fig. 21.



Horizontalschnitt nach *cd* Fig. 20.

zunehmen. Aus demselben Grunde können sich solche Vorschläge nicht bewähren, wie sie Melaun in Königshütte in dem Reichspatent Nr. 13966

Fig. 22.



Obere Ansicht des Wagens (Holley).

macht, wonach die Birne in sieben horizontale Ringe und jeder derselben in sechs Segmente zerlegt werden soll. Die zur Aufstellung und Zerlegung einer solchen Birne nöthige Mühe und Zeit würde niemals dem Vortheile der Zerlegbarkeit auch nur annähernd entsprechen können.

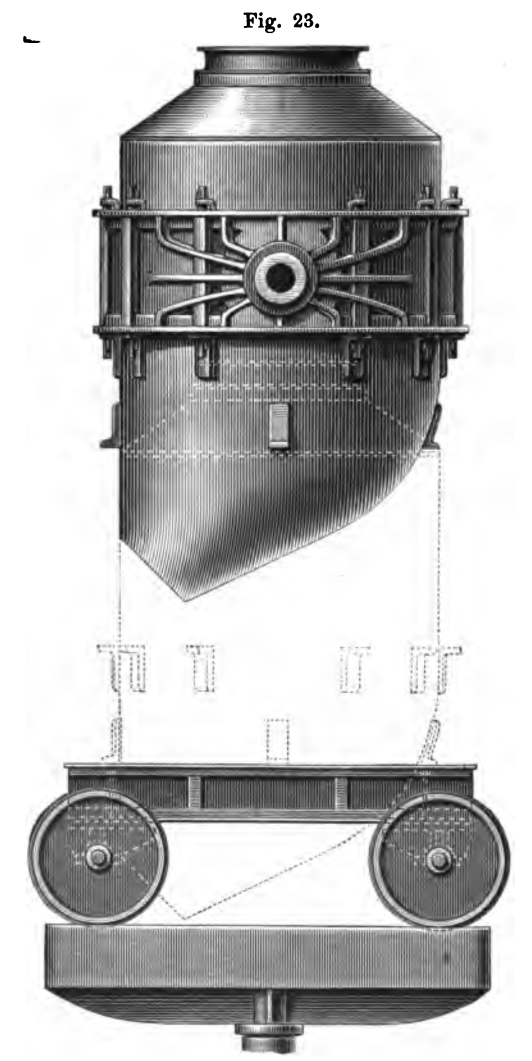
Die Construction Holley's ist durch die Figuren 20 und 21 erläutert.

Der Zapfenring *S* der Birne besteht aus Gusseisen, ist aber mit einem schmiedeisernen Ringe *R* ausgefüttert, wie Fig. 21 im Horizontalschnitte zeigt. Zwischen dem Ringe *R* und dem Birnenmantel *Q* ist ein etwa 5 cm weiter Zwischenraum.

Bei der aufrechten Stellung der Birne (umgekehrt wie Fig. 20) ruht dieselbe mittelst der an dem Mantel festgenieteten Knaggen *U* auf dem Schildzapfenringe *S*, wobei eine seitliche Verschiebung oder Drehung durch die Keile *V* verhindert wird. Soll die Birne aus dem Schild-

zapfenringe gelöst werden, so wird sie nach Abnahme des Bodens mit der Mündung nach unten gekippt [wie Fig. 20 (a. v. S.) zeigt]; der auf dem Kolben einer hydraulischen Pumpe stehende Wagen wird angehoben, bis die Birne soweit gelüftet ist, dass ohne Mühe die entlasteten Keile unterhalb der Knaggen *U* gelöst werden können.

Fig. 23.



Lösbare Birne nach Holley.

Bei dem nun folgenden Herabsenken des Wagens (Fig. 22 a. v. S.) streifen sich die Knaggen *U* von den Stiften *T*, welche im Schildzapfenringe hängen bleiben, ab, und die Birne wird, wie Fig. 23 in punktirten Linien zeigt, frei. Eine Entfernung des mit dem Schildzapfenringe in Verbindung bleibenden Windrohres ist nicht erforderlich, auch ist ein Laufkrahn hier nicht nothwendig.

Eine ähnliche Construction hat Justice zu London in dem deutschen Reichspatente Nr. 13 696 angegeben. Hier soll die ganze Birne in horizontaler Lage entfernt werden. Die Schildzapfen sind zu diesem Zwecke vertical getheilt, wie Fig. 24 zeigt. Liegt die Birne horizontal, so werden die Keile *c* und *e* gelöst, der obere Theil des Schildzapfenringes *a* bleibt mit den Zapfen verbunden liegen, während die Birne mit dem unteren Theile *b* auf den Transportwagen (Fig. 25) hinabgelassen wird.

Auch hier spielt indessen die Umständlichkeit in der Lösung der Schrauben eine zu grosse Rolle, um die Einrichtung praktisch erscheinen zu lassen.

Auf dem Werke der North Eastern Steel Co. zu Middlesborough bedient man sich thatsächlich zum Ein- und Ausheben der Birne, welche

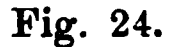
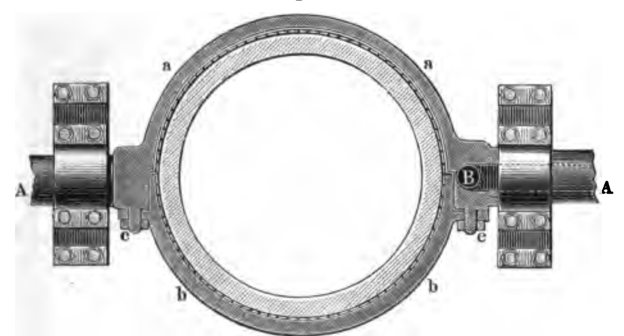


Fig. 24.



Construction von Justice (Zapfenring).

auf einem Wagen zum Reparaturraume gelangt, entweder einer hydraulischen Hebevorrichtung oder eines Dampflaufkrahns für 60 Tonnen Tragfähigkeit.

Eine eigenthümliche Einrichtung, welche, wenn man sie einführen wollte, eine ganz andere Disposition des Bessemerwerkes bedingen würde, hat Henderson in Steelton in dem deutschen Reichspatent Nr. 19635 vorgeschlagen.

Fig. 25.



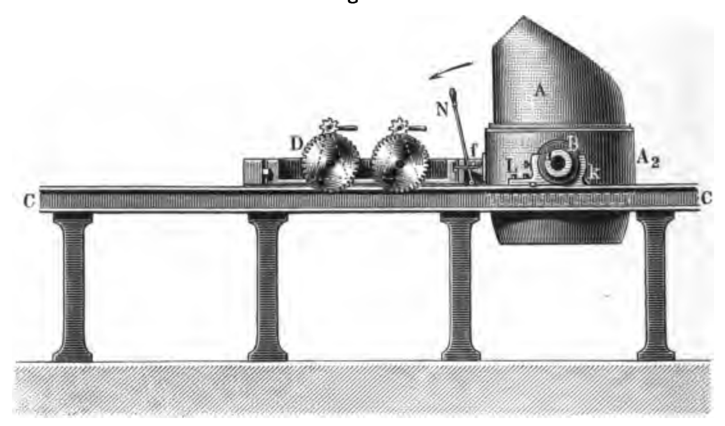
Justice, Wagen.

Die Birne ist mit Spurrädern *B* versehen, welche unmittelbar mit den Zapfen *a* verbunden sind und auf ein Gerüst *C C* laufen. Der hintere Theil der Zapfenlager *k* (Figur 26 auf Seite 82) ist fest, der vordere *L* lösbar. Nachdem dieser Theil abgeschraubt ist, kann die Birne fortgefahren werden, wozu ein mit Handkurbelbetrieb versehener oder mechanisch bewegter Wagen *D* dient, welcher vor der Lösung der vorderen Lagerhälften fest mit der Birne verbunden wird, damit diese nicht unfreiwillig kippen kann.

Die Verbindung der Zapfen mit dem hohlen Gürtel der Birne ist aus Fig. 27 (a. S. 82) zu ersehen. Jeder Zapfen *a* ist mit einer quadratischen Platte *J* ausgerüstet, welche durch Vernietung unverrückbar an dem

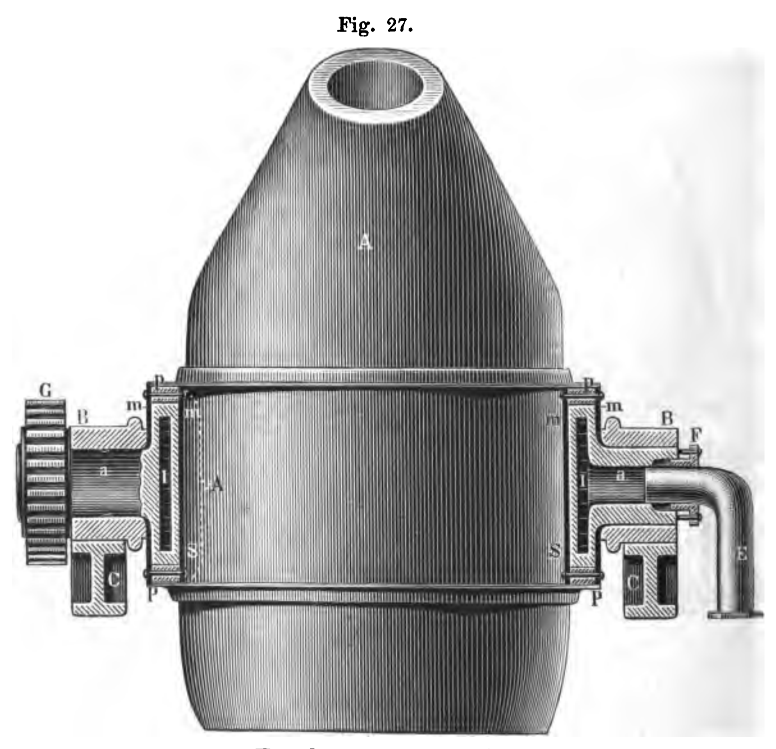
Gürtel befestigt ist. Die Gebläseluft circulirt in dem übrigen Hohlraume des Gürtels und kühlt den letzteren.

Fig. 26.



Henderson's fahrbare Birne.

Fig. 27.



Henderson, Zapfenring.

Zerlegbarkeit der Birne.

Vielfach ist versucht worden, die Trennung der einzelnen Stücke einer Birne, welche bei Anwendung von Schrauben schwer ausführbar ist, durch Benutzung von Keilen zu erleichtern.

Einige solcher Einrichtungen zeigt das Reichspatent Nr. 11361 von R. M. Daelen in Düsseldorf.

Die Bessemer-Birne, Fig. 28, besteht aus der Haube *A*, dem Mitteltheil *B*, dem zweitheiligen Kesselstück *CD* und dem Boden *E*, welche Theile sämmtlich vermittelst Bolzen und Keile zusammengefügt werden.

Fig. 29 zeigt die Verbindung der Haube und des Mittelstückes, Fig. 30 die Verbindung des Mittelstückes mit dem oberen Theile des Kesselstückes und die Befestigung an dem Schildzapfenring oder Gürtel *O* [1]).

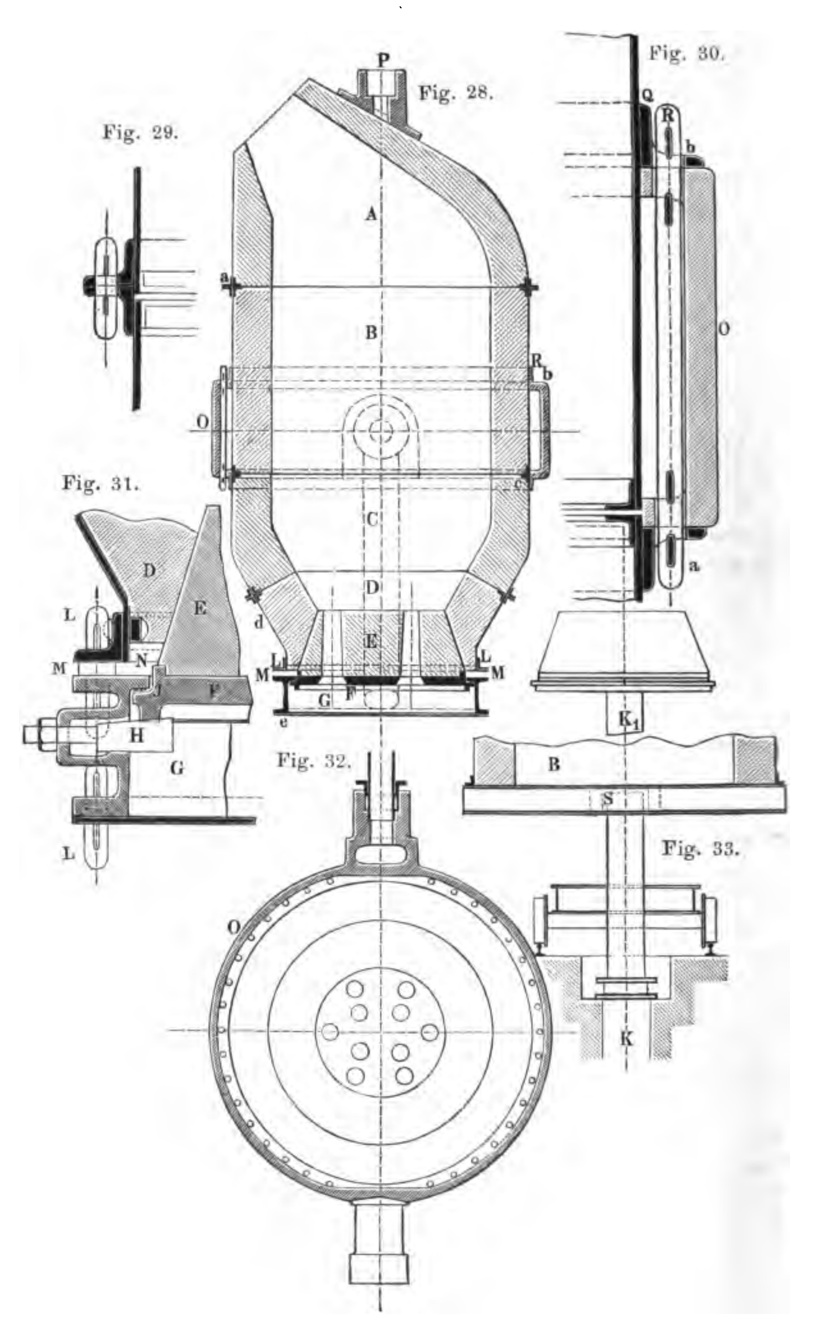
Der gusseiserne Deckel *F* des Windkastens *G* besteht nicht mit letzterem aus einem Stücke, sondern bildet einen besonderen Theil. Er wird, wie in Fig. 31 dargestellt ist, durch sechs Keile *H* angepresst, so dass die Verpackung *I* die Dichtung gegen den Winddruck bildet und beim Auswechseln des feuerfesten Bodens *E* der Birne vermittelst der unter dieser angebrachten hydraulischen Hebevorrichtung KK_1, Fig. 33, der Windkasten *G* nicht abgenommen zu werden braucht. Letzterer ist an der Birne vermittelst zehn Bolzen *L* (Fig. 31) befestigt, welche in der Mitte einen Ansatz haben, so dass bei *M* eine Spalte entsteht, durch welche die bei *I* etwa noch durchdringende Luft entweichen kann. Ferner dient diese Spalte dazu, den ringförmigen Raum *N* von aussen durch plastisches feuerfestes Material ausfüllen und so eine etwa noch vorhandene Fuge zwischen der Wand *D*, der Birne und dem Boden *E* (Fig. 28) zu verdichten.

Um auch das Mittelstück *B* der Birne vermittelst der hydraulischen Hebevorrichtung KK_1 auswechseln zu können, erhält die Haube *A* den Aufsatz *P*, in welchen der Plunger der Hebevorrichtung passt, so dass dieselbe in der umgekehrten Stellung der Birne nach Lösung der Bolzen bei *a* abgehoben werden kann (Fig. 28 und 33).

An dem Mitteltheil *B* wird mit Hülfe eines L-förmigen Eisenringes *Q* in der in Figur 30 angegebenen Weise der Ring *O* befestigt, so dass nach Lösung der Keile *R* in der umgekehrten Stellung ein Absenken vermittelst der hydraulischen Hebelvorrichtung und des mit zwei I-Trägern versehenen Holmes *S*, Fig. 33, auf den Wagen stattfinden kann; in entsprechender Weise wird der Aufbau der einzelnen Stücke vorgenommen.

Melaun hat die Theilbarkeit der Birne dadurch zu befördern gesucht, dass er die einzelnen Theile vor dem Zusammenschlacken schützt.

[1]) Vergl. die ähnliche Einrichtung Holley's auf S. 79.



Daelen's zerlegbare Bessemerbirne.

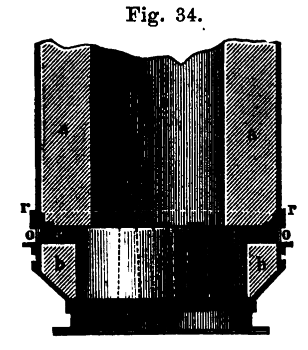
Er bekleidet die zusammenstossenden Flächen mit ganz schwachem Eisenblech und bringt zwischen je zwei Bleche Schutzlagen aus einer sehr reinen basischen, daher nicht frittenden Masse [1]).

Es ist indessen nicht wahrscheinlich, dass das Eisenblech vor Oxydation geschützt bleiben sollte, so dass eine Verschlackung wahrscheinlicher ist, als wenn es ganz fehlte.

Zur Trennung des Bodens hat derselbe Ingenieur die folgende Einrichtung getroffen, welche durch Reichspatent Nr. 15716 geschützt ist.

Das Birnenfutter besteht, wie Fig. 34 zeigt, aus zwei getrennten Theilen. Das eigentliche, über dem Düsenboden befindliche Futter *a* ist von der Ausfütterung *b* des Birnenuntertheils durch den Raum *c* geschieden. Der untere Theil des Futters *b* hat einen grösseren inneren Durchmesser als der obere Theil *a*, so dass der letztere innen ringsum vorsteht. Der innere Durchmesser des mit dem Birnenmantel fest verbundenen Windkastens ist noch etwas grösser, als der des unteren Futters.

Fig. 34.



Melaun's Boden.

Der Birnenboden *c*, welcher die Düsen enthält, ist nicht konisch, sondern cylindrisch. Derselbe wird durch den Windkasten und das untere Futter hindurch eingesetzt und stösst daher mit einer breiten horizontalen Dichtungsfläche gegen die Unterseite des Futters *a*.

Behufs des leichteren Einpressens und Loslösens soll der Birnenboden mit einem schwachen Blechmantel umgeben werden, welcher ein Auseinanderdrücken des oberen Theiles desselben verhindert.

Der Raum *e* ist durch den Schlitz *o* von aussen ringsherum zugänglich, wird nach dem Einsetzen des Bodens mit geeigneten keilförmigen Façonsteinen vermauert und schliesslich durch den Ring *r* geschlossen.

Obwohl die flache Form des Holley'schen Losbodens (vergl. S. 64) am geeignetsten zu einer sicheren und schnellen Lösung und Verbindung des Bodens ist, so erfordert doch diese Einrichtung jedesmal die Trennung des Windrohres. Bei der Einrichtung, welche die Peiner Birne (S. 78 und Fig. 16 bis 19 auf Taf. I), die Daelen'sche Vorrichtung (S. 83) und auch der Melaun'sche Boden zeigen, bedarf es dieser Trennung nicht, da der Boden durch den Windkasten hindurchgezogen wird. Trotzdem erfordert die Auswechselung des Bodens bei den zuletzt genannten Constructionen mehr Zeit, als bei Benutzung des Holley'schen Losbodens.

---

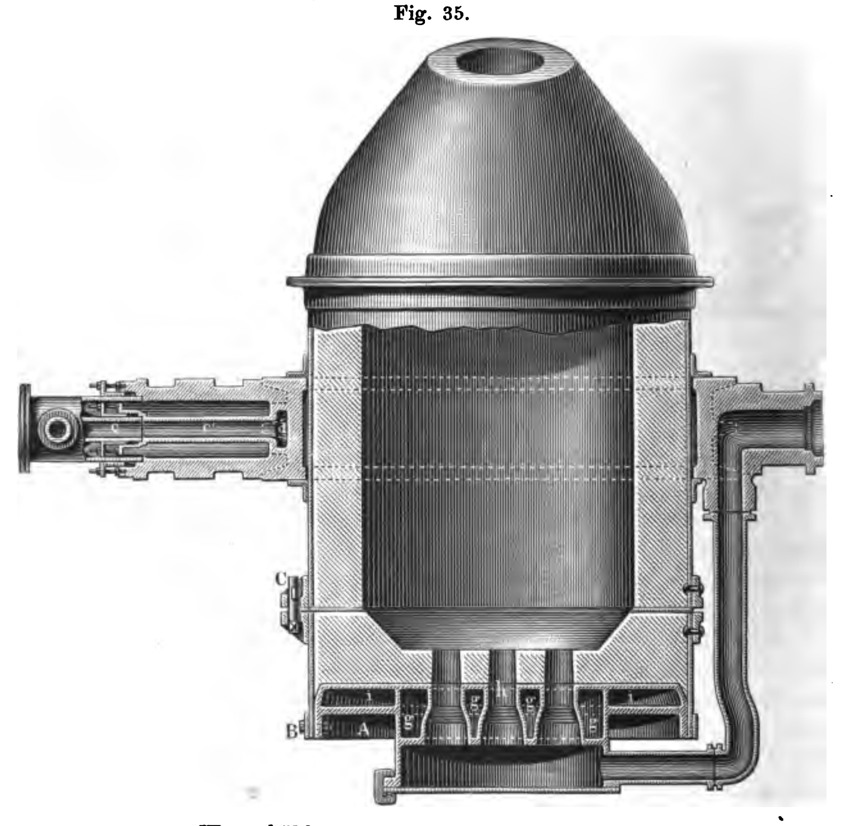
[1]) Vergl. deutsches Reichspatent Nr. 12570.

Kühlung der Birne.

Die Haltbarkeit des Futters im Ganzen und die gleichmässige Erhaltung desselben an allen Stellen würde durch Kühlung des Mantels wesentlich befördert werden, soweit es sich um Abnutzung, nicht um Ansätze handelt.

Eine Luftkühlung mit einer gleichzeitigen Erwärmung des Windes zu verbinden, ist mehrfach versucht worden, aber ohne praktischen Er-

Fig. 35.



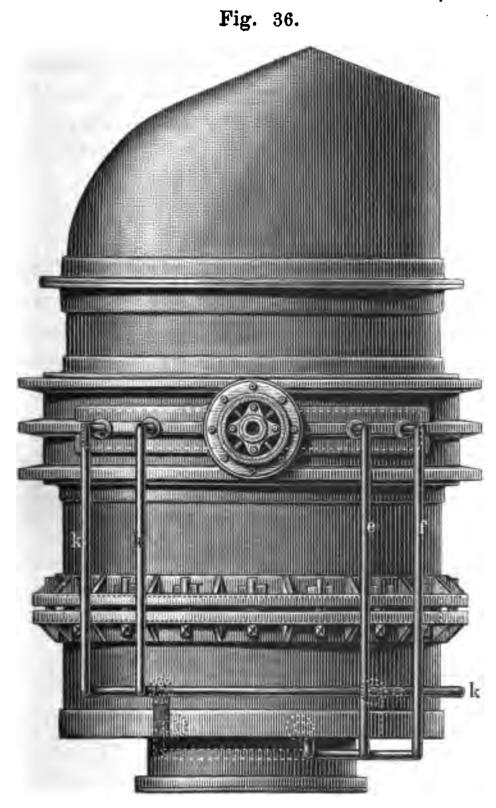
Wasserkühlung der Birne. — Verticalschnitt.

folg geblieben, weil der Weg, den günstigstenfalls der Wind von den Zapfen bis zum Boden zurückzulegen hat, viel zu kurz ist, um eine erhebliche Erwärmung desselben zu gestatten, und weil die Zugänglichkeit des Birnenmantels unter allen Umständen durch die Complication der Einrichtung vermindert wird.

Richtiger ist es, eine Wasserkühlung anzuwenden. Der Verfasser hat dieselbe schon vor zwanzig Jahren empfohlen; dass aber eine Anwendung von diesem Vorschlage nirgends gemacht ist, beweist die Schwierigkeit der Ausführung, vielleicht auch die Furcht der Bessemerhüttenleute, eine erhebliche Explosionsgefahr mit dieser Einrichtung herbeizuführen.

Selbst unter den deutschen Reichspatenten haben wir nur eine einzige Wasserkühlung von Bessemerbirnen zu verzeichnen, welche trotz ihrer richtigen Construction in Bezug auf die Ein- und Ausführung des Wassers durch einen Drehzapfen nicht zur Ausführung gekommen ist.

Fig. 36.



Wasserkühlung der Birne. — Ansicht.

Fig. 35 und 36 zeigen diese von Schmachtenberg zu Hörde erfundene Einrichtung.

Das Zuflusswasser tritt aus der Rohrleitung durch einen zum Reguliren dienenden Hahn in den Stutzen *c*, geht von da durch das mit dem Zapfen drehbare concentrische Rohr *c'* in den im Schildzapfenringe gelegenen Canal *d* und von dadurch die Röhren *e* und *f* zum Düsenkasten *g*. Von hier tritt das Wasser durch Oeffnungen *h* zum Raum *i* und wird durch die Röhren *k* wieder durch den Zapfen und einen gekrümmten Stutzen in die Abflussleitung geführt. Benutzt man nur einen Birnenzapfen für die Wasserzuführung und den anderen für die Wasserabführung, so wird, wenn man das ausgenutzte Kühlwasser durch den Windzapfen abführt, auf diese Art die Gebläseluft von dem abfliessenden Kühlwasser erwärmt. Die Gebläseluft würde dann auf dieselbe Weise durch die Wasserabflussleitung geführt, wie die im Vorhergehenden beschriebene Zu- und Abführung des Kühlwassers. Legt man innerhalb des Birnenmantels noch einen oder mehrere Kühlcanäle an, so lässt sich dadurch auch eine Kühlung der Wandungen vornehmen,

wenn nur eine Communication dieser Kühlkästen mit dem Bodenstück *A* nach dem Abflusscanal hergestellt wird oder diese Kühlkästen unabhängig vom Bodenstück durch Rohre mit den Zu- und Abflusscanälen verbunden werden. Der Boden- oder Kühlkasten *A* soll sowohl zum Einsetzen von feuerfesten Düsen als auch von Metalldüsen benutzt werden, sowie auch ohne Düsen zu gebrauchen sein. Im letzteren Falle würde er vollständig als metallener Düsen- oder Stiftboden hergestellt werden müssen, der dann nur noch eine Schicht feuerfester Masse zum Schutze erhält.

Die Leichtigkeit des Bodenwechsels, wie sie der Holley'sche Losboden und selbst die Peiner Construction bietet, geht bei dieser Einrichtung verloren. Sie könnte daher nur dann von erheblichem Vortheil sein, wenn dadurch eine so lange Dauer des Bodens herbeigeführt würde, dass ein Wechsel erst mit der Abnutzung des ganzen Futters einzutreten brauchte. Erfahrungen liegen nicht vor, und doch scheint die Wasserkühlung der Birne eine beachtenswerthe Einrichtung, namentlich wenn von ihr nicht nur der Boden, sondern auch der ganze Mantel, vielleicht mit Ausnahme des Mündungsstückes, umfasst würde.

Gegenwärtig hat man es nicht in der Hand, das basische Futter ganz vor dem chemischen Angriffe der Schlacke zu schützen, und man muss deshalb weit mehr basische Zuschläge geben, als sonst erforderlich wären. Bei einer ausreichenden und doch nicht zu starken, also genau regulirbaren Wasserkühlung würde man in einem aus der basischen Bessemerschlacke selbst aufgeschmolzenen, schwachen Futter arbeiten können.

VIERTER ABSCHNITT.

DIE MATERIALIEN.

1. Das Roheisen.

Unter allen Roheisensorten hat sich zwar das zu Ilsede erzeugte weisse Roheisen mit annähernd 3 Proc. Phosphor, über 2 Proc. Mangan, 0,5 Proc. Silicium und unter 0,1 Proc. Schwefel am besten bewährt, aber recht erhebliche Abweichungen von dieser Zusammensetzung sind zulässig, ohne dass der basische Bessemerprocess dadurch unmöglich oder auch nur unrentabel würde.

Die ursprünglich von dem Erfinder gehegte Ansicht, dass ein möglichst geringer Phosphorgehalt auch bei dieser Modification des Bessemerprocesses zu empfehlen sei, hat sich nicht bestätigt. Der um die Entwickelung des Processes in Deutschland so verdiente Director von Hörde, Massenez, zeigte zuerst, dass der Phosphorgehalt nicht hoch genug sein könne, da er als Brennmaterial wirke; ja es glückte ihm sogar, ein absichtlich hoch phosphorhaltiges Roheisen, Ferrophosphor, mit Erfolg zu verarbeiten. Die Verwendung des letzteren fand nur ein Hemmniss in den hohen Kosten der Erzeugung. Die obere Grenze des Phosphorgehaltes ist daher lediglich eine Frage der Oekonomie. Da von der zur Reduction der Phosphorsäure erforderlichen Wärme beim Oxydationsprocesse nur ein Theil wieder gewonnen wird, der Rest verloren geht, so ist es ein Fehler, mehr Phosphorsäure im Hochofen zu reduciren als nöthig, also namentlich, wenn ein an sich genügend phosphorhaltiges Erz zu Gebote steht, dessen ganzer Phosphorgehalt doch unvermeidlich in das Roheisen übergeht, noch ausserdem phosphorreiche Materialien zuzuschlagen.

Der Phosphorgehalt der mit Vortheil verarbeiteten Roheisenarten übersteigt niemals 3 Proc., hält sich der Regel nach auf 2 bis $2^1/_2$ Proc. und unterschreitet nur in seltenen Fällen 1,5, wohl niemals 1,2 Proc. Der in Hörde im Hochofen hergestellte Ferrophosphor hatte 20, der zu Wittkowitz erblasene 7 Proc. Phosphor.

Hinsichtlich des Siliciums liegt es auf der Hand, dass die aus dessen Oxydation gebildete Kieselsäure durch Kalk oder Magnesia neutralisirt werden muss und dass die Verbrennungswärme des Siliciums nur in geringem Maasse nutzbar gemacht wird. Je geringer daher der Siliciumgehalt des Roheisens ist, um so vortheilhafter arbeitet man mit dem basischen Bessemerprocesse.

Der gewöhnlich als unschädlich angenommene Siliciumgehalt ist 0,5 Proc., das Maximum dürfte 2 Proc. sein; selten sinkt er unter 0,4 und erreicht nur ausnahmsweise 0,16 Proc.

Im Anfange des Processes muss das beim sauren Bessemerprocesse als Wärmeerzeuger dienende Silicium durch einen anderen Stoff ersetzt werden, und als solcher wirkt am günstigsten Mangan.

Der Regel nach kann im Hochofen der Gehalt an Mangan nicht ohne Zuschlag besonderer Erze auf 2 Proc. gebracht werden, da die an sich manganreichen Erze meist phosphorarm sind. 2,2 bis 3 Proc. Mangan haben sich für den basischen Process am vortheilhaftesten erwiesen; niemals darf der Gehalt unter 1 Proc. sinken.

Das Roheisen, welches man anwendet, gehört, im Gegensatz zu dem beim sauren Processe benutzten dunkelgrauen, stets der weissen oder höchstens lichtgrauen Art an. Demgemäss steigt der Kohlenstoffgehalt, der nur amorph oder zum geringsten Theil graphitisch ist, selten über 3,5 Proc.; der Regel nach enthält das Roheisen 3 Proc.

Von anderen Substanzen spielt noch Schwefel eine Rolle, welcher, da er gar nicht oder nur schwierig in geringem Maasse zu entfernen ist, so niedrig wie möglich gehalten werden muss. In der Regel duldet man nicht über 0,1 Proc., selten kommen Roheisensorten mit 0,2 bis 0,3 Proc. zur Anwendung; der Regel nach beträgt der Schwefelgehalt 0,08, zuweilen nur 0,05 Proc. und weniger. Der Schwefelgehalt kann ohne Schaden um so grösser sein, je höher der Mangangehalt ist. Man rechnet gewöhnlich darauf, dass zur Unschädlichmachung von 0,15 Proc. Schwefel 1 bis $1^1/_2$ Proc. Mangan gehören [1]).

Die folgenden Tabellen (S. 93 und 94) geben die Zusammensetzung von Roheisensorten, welche theils vorübergehend auf den dabei genannten Werken angewendet worden sind, theils noch angewendet werden. Nach dem Vorangegangenen ist ihre Qualität leicht zu beurtheilen. Die Analysen sind theils gedruckten Quellen entnommen, theils auf der Königl. Bergakademie in Berlin ausgeführt worden.

Verwendung des flüssigen Roheisens aus dem Hochofen.

Wo man in der Lage ist, das Roheisen in beständig gleicher und geeigneter Qualität herzustellen, sollte man es stets flüssig aus dem Hochofen in die Bessemerbirne giessen. Zu diesem Zwecke müssen allerdings besondere Vorkehrungen getroffen werden. Die in einer mit einem unterirdischen Canal verbundene Grube stehende auf Rädern ruhende Sammelpfanne nimmt den jedesmaligen Abstich auf. Ist diese Giesspfanne mit einem starken Futter versehen und wird das Roheisen mit einer Schlackendecke bedeckt, so kann es einen erheblich langen Transport vertragen, ohne die erforderliche Hitze zu verlieren, wie namentlich der regelmässige

---

[1]) Vergl. Stahl und Eisen 1882, S. 165.

	Peine		Luxemburg-Lothringen				Hörde	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Phosphor	3,0	1,5 bis 3	2,0	1,2 bis 2,5	1,86	1,75	1,5 bis 2,5	2,18
Mangan	2,2	2,0 „ 2,5	1,5	1,0 „ 1,5	0,63	0,61	2,2 „ 3	1,03
Silicium	0,5	0,5 „ 0,7	0,75	0,1 „ 0,8	1,19	1,32	0,4	1,22
Schwefel	0,08	0,08 „ 0,45	0,5	0,13 „ 0,6	0,05	0,08	0,1	0,08

	Hörde					Rhein. Stahlwerke (Ruhrort)		Rothe Erde
	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Phosphor	1,22	1,28	—	2,60	1,99	2,09	1,40	1,75 bis 2,0
Mangan	—	0,52	3,19	2,37	2,80	—	0,41	1,5
Silicium	0,43	0,66	0,16	0,30	0,20	1,34	0,56	0,8
Schwefel	—	0,29	0,02	0,05	0,05	—	0,41	—

Bemerkungen:

1. Beste Qualität. — 2. Grenzen. — 3. Mittlere Qualität. — 4. Grenzen. — 5. Hochöfen von Metz & Co. — 6. Rodange. — 10. Kohlenstoff 2,83 Proc. — 16. Luxemburger Roheisen. — Strich (—) bedeutet: nicht bestimmt.

	Angleur	Ougrée	Creusot	Oberhausen	Neunkirchen	Wittkowitz		
	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
Phosphor	1,5 — 2,0	1,39	2,5 — 3,0	—	—	2,47	1,95	3,46
Mangan	1,0 — 1,5	1,0	1,5 — 2,0	2,0	2,0	1,18	1,00	1,16
Silicium	1,0 — 1,25	1,25	1,3	1,0	0,5	0,42	0,54	0,11
Schwefel	0,25	0,1	0,2	—	—	0,13	0,23	0,09

	Wittkowitz		Kladno	Middlesborough			Verschiedene Sorten
	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.
Phosphor	2,00	0,9	1,5	1,50	1,75	2,75	0,75 — 3,00
Mangan	1,38	—	0,3 — 0,5	0,70	0,60	1,00	0,35 — 2,00
Silicium	0,62	0,79	1,2 — 1,3	1,70	1,30	1,00	0,50 — 1,30
Schwefel	0,08	—	1,05	0,05	0,15	0,12	0,10 — 0,20

Bemerkungen:

17. Angleur in Belgien. — 18. Ougrée in Belgien. — 19. Creusot in Frankreich, 3 Proc. Kohlenstoff. — 21. Bei Saarbrücken. — 22. Wittkowitz in Mähren, gewöhnliche Sorte. — 26. Schlecht bewährte Sorte. — 27. Kladno in Böhmen, 3,5 Proc. Kohlenstoff; lichtgraues, beim Schalenguss weisses Roheisen. — 28. Middlesborough in England, 3,5 Proc. Kohlenstoff. — 29. Desgl. 3,25 Proc. Kohlenstoff. — 30. Desgl. 3,50 Proc. Kohlenstoff. — 31. Grenzen gebrauchter Sorten nach Angabe von Thomas.

Betrieb mit flüssigem Roheisen aus dem Hochofen zu Kladno zeigt. Man hebt die Pfanne entweder mittelst eines hydraulischen Krahnes auf das zum Ausgiessen in die Birne nöthige Niveau oder zieht sie auf einer schiefen Ebene bis zu der erforderlichen Höhe hinauf. Da sich immerhin beim Transport einige Erstarrungskrusten bilden, welche ein genaues Messen des Roheisens verhindern können, so thut man in allen Fällen gut, die Pfanne vor und nach dem Gusse zu wägen.

Umschmelzen des Roheisens.

Obwohl die Entnahme des flüssigen Roheisens aus dem Hochofen das Richtigste ist, so sind doch nicht alle mit Hochöfen versehenen Werke in der Lage, gleichmässiges Roheisen zu erzeugen, so dass eine Mischung verschiedener Roheisen nothwendig wird; andere wieder haben einen zu weiten Weg oder eine ungünstige Disposition für die Herbeischaffung des Roheisens. Alle solche Werke sind ebenso wie diejenigen, welche überhaupt keine Hochöfen besitzen und das geeignete Roheisen ankaufen, in die Nothwendigkeit versetzt, das Roheisen umzuschmelzen.

Dies geschieht der Regel nach in Kupolöfen bei Koks. Ein zweckmässig construirter Kupolofen von Peine ist in Fig. 37 (a. f. S.) abgebildet.

Der Koksverbrauch ist wie beim sauren Processe durchschnittlich 15 Proc. vom Roheisen.

Es ist vorgeschlagen worden, den Kupolofen bereits basisch auszufüttern, um auf diese Weise die Entphosphorung vorzubereiten; indessen verliert man auf diese Weise ungenutzt die Verbrennungswärme des Phosphors in der Birne. Es ist daher eine solche Vorbereitung ebensowenig empfehlenswerth, wie eine vorgängige Entkieselung für den sauren Bessemerprocess.

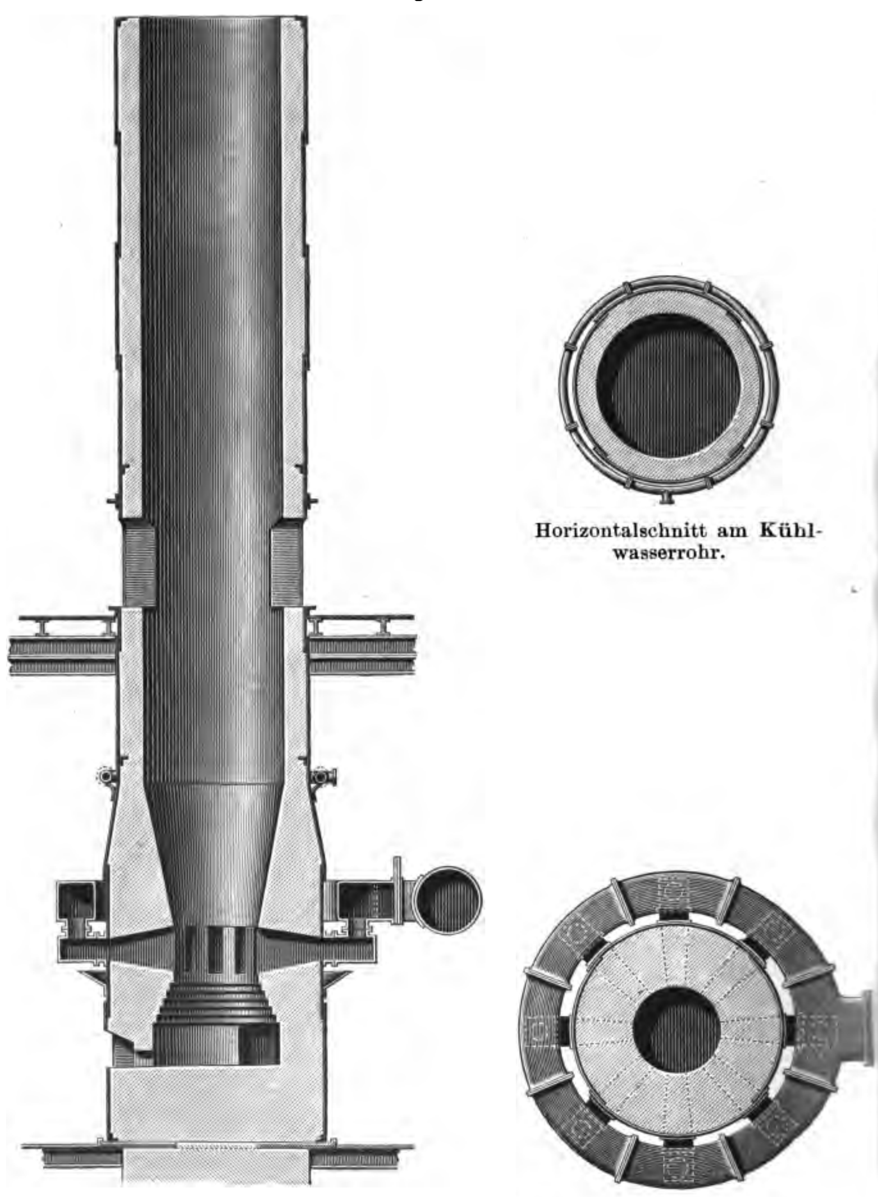
Um die Abkühlung und eine Oxydation des aus dem Kupolofen abgestochenen Eisens auf dem Wege zur Birne in den der Regel nach üblichen Rinnen zu vermeiden, transportirt man das flüssige Roheisen auch vom Kupolofen in Pfannen. In Neunkirchen ist der Vorherd des Ofens als geschlossener fahrbarer Kasten hergestellt, zu Friedenshütte in Oberschlesien soll das in eine fahrbare Pfanne, welche auf der Hüttensohle steht, abgestochene Roheisen durch eine hydraulische Vorrichtung wieder gehoben werden, eine Einrichtung, welche der in Bethlehem in Pennsylvanien für den sauren Process gebrauchten Anordnung gleicht[1]).

Nur unter besonderen Umständen, d. h. wo Koks als Brennmaterial zu theuer sind oder ein billigeres flammendes Brennmaterial zur Hand ist, schmilzt man in Flammöfen.

So wird das Roheisen auf dem Bessemerwerke bei Teplitz bei Braunkohlenfeuerung geschmolzen und zwar mit Siemens'schen Gaswärmespeicherflammöfen. Der gewöhnliche Einsatz beträgt 6,5 Tonnen

[1]) S. Abthl. III, S. 904.

Fig. 37.



Kupolofen zu Peine.

Verticalschnitt. Horizontalschnitt am Windrohr.

Maassstab = 1 : 100.

Roheisen. Der Ofen ist 3,8 m lang, 2 m breit; das geschmolzene Eisenbad füllt den Herd der ganzen Breite nach, aber nur in einer Länge von 3 m, während in der Mitte die grösste Tiefe 0,3 m beträgt.

Die Gas- und Luftwärmespeicher stehen aufrecht unter dem Ofen, erstere haben je 15,5, letztere je 14,5 cbm Inhalt.

Ein solcher Ofen schmilzt in zwei Stunden einen Satz, so dass mit Besetzen und Abstechen höchstens drei Stunden vergehen und bequem acht Sätze in 24 Stunden durchgeschmolzen werden können.

Die neueren Oefen dieser Art in Teplitz haben an Stelle der früher gebräuchlich gewesenen Planroste Treppenroste erhalten, um eine etwas feinstückigere Braunkohle verwenden zu können. Die Planroste hatten 5 bis 8 qm Oberfläche bei einer Stärke der Brennmaterialschicht von 0,8 m, während die letztere bei dem Treppenroste 0,52 m beträgt.

Das aus dem Gaserzeuger gesammelte Gas strömt zuerst in ein Reservoir aus Blech, welches mit dem offenen Boden in einem Wasserbehälter steht, wohinein die Condensationsproducte, Wasser und Theer, und der Staub fallen. Das Gas geht von hier direct zu dem Gasventil. Die Pressung im Ofen ist stets unter einer Atmosphäre, so dass Luft von aussen angesaugt wird. Man will hierdurch eine bessere Erhaltung der Gaskammern erreicht haben. Für 100 kg Roheisen werden 45 kg Nusskohle verbraucht.

Der Herdraum besteht überall aus Dinasziegeln und hält jedesmal etwa 600 Hitzen, d. h. drei Monate lang, aus, wonach er vollkommen erneuert werden muss [1]).

Je zwei Oefen haben einen Schornstein von 45 m Höhe bei 1,5 m Durchmesser.

Das Eisen verändert sich chemisch etwas. Das für den sauren Process behandelte Roheisen zeigte eine Abnahme von nur 2,5 Proc. auf 2,25 Proc. Silicium; das für den basischen Process ändert sich dagegen viel mehr, indem es von 2,0 auf 0,6 Proc. Mangan sinkt.

Solche Veränderungen sind durch den Flammofenprocess in weit höherem Maasse als durch das Kupolofenschmelzen bedingt. Es ist deshalb, abgesehen von so ausnahmsweisen Grundlagen wie in Teplitz, der Kupolofen dem Flammofen vorzuziehen.

2. Das Zusatzeisen.

a. Spiegeleisen und Ferromangan.

Das Bestreben, welches schon beim sauren Processe dazu geführt hatte, den Mangangehalt, der am Schlusse des Processes zur Des-

[1]) Man producirt in Teplitz 3000 Tonnen Flusseisen im Monat.

oxydation eingeführt werden muss[1]), möglichst zu concentriren, ist in erhöhtem Maasse bei dem basischen Processe nöthig geworden, weil aus der gebildeten phosphorhaltigen Schlacke durch Kohleneisen Phosphor reducirt und in das Flusseisen zurückgeführt wird, also möglichst wenig Zusatzeisen angewendet werden muss.

Benutzt man Spiegeleisen, so pflegt man nicht unter 12 Proc. Mangan zu fordern. Das Spiegeleisen, welches in Wittkowitz gebraucht wird, hat 13,8 Proc. Mangan.

Ferromangan ist noch zu selten gleichmässig im Mangangehalt zu erhalten, sonst würde es wahrscheinlich noch mehr als bisher zur Anwendung kommen, zumal es gelingt, selbst im Hochofen Sorten mit mehr als 70 Proc. Mangan zu erzeugen.

Das Umschmelzen des Spiegeleisens im Kupolofen macht naturgemäss ebensowenig Schwierigkeit, wie beim sauren Bessemerprocesse, jedoch wendet man es viel häufiger nur erhitzt, nicht geschmolzen, als bei letzterem an. Ferromangan schmilzt man niemals, benutzt es sogar kalt.

Wendet man glühendes Spiegeleisen an, so wird es unten auf den Boden der Giesspfanne gebracht, ehe das Flusseisen abgestochen wird (Kladno) oder dann eingeworfen, wenn die Hälfte des Flusseisens in die Pfanne abgelassen ist (Teplitz); benutzt man erhitztes Ferromangan, so kommt dies wohl stets in die Birne nach Vollendung des Nachblasens und nach dem Abgiessen der Schlacke. In Creusot setzt man $^1/_3$ des Spiegeleisens im glühenden Zustande in die Birne, $^2/_3$ in die Giesspfanne beim Einfluss des Flusseisens. Wird das Spiegeleisen geschmolzen zugesetzt, so erfolgt der Zuschlag ausnahmslos in der Birne, der Regel nach nach Abguss der Schlacke (Hörde), selten ohne diese Manipulation (Oberhausen). Wird gleichzeitig Ferromangan angewendet, so gelangt dasselbe in Form von angewärmten Stücken zuerst in die Birne, dann erst folgt das flüssige Spiegeleisen.

Je weicher das Product ausfallen soll, um so zweckmässiger findet Ferromangan Verwendung. Nur für harten Stahl kann ein an Mangan armes Spiegeleisen benutzt werden.

Die Menge des zu verwendenden manganhaltigen Zuschlages wird sich nach der Art des Materials, dem Gange des Processes und der beabsichtigten Beschaffenheit des Productes richten müssen und wird, sobald nicht mit hinreichend sicheren Erfahrungen, welche aus vorangegangenen Hitzen gewonnen sind, gearbeitet werden kann, nach Probenahme des Metalls vor Einbringung des Mangans bestimmt werden müssen. Hier mögen vorläufig nur einige Beispiele Platz finden:

Hörde für weiches Eisen 4 Proc. vom Roheisengewicht,
davon $1^1/_4$ Proc. Spiegel, $3^3/_4$ Proc. Ferromangan;

---

[1]) Vgl. Schmiedbares Eisen, S. 505 u. f.

Hörde für härteres Eisen 9 Proc. vom Roheisengewicht, davon 7 Proc. Spiegel, 2 Proc. Ferromangan;
Hörde Durchschnitt 9 Proc. Spiegel (mit 16 bis 17 Mangan);
Rheinische Stahlwerke 5,8 Proc., davon 5 Proc. Spiegel, 0,8 Proc. Ferromangan; oder 6 Proc., davon $4^3/_4$ Proc. Spiegel, $1^1/_4$ Proc. Ferromangan;
Kladno 8 bis 9 Proc.; 8 Proc. Ferromangan, seltener 9 Proc. Spiegel.

Die Erhitzung des Spiegeleisens ohne Schmelzung hat dem kalten Materiale gegenüber den Vortheil, eine geringere Abkühlung hervorzurufen, dagegen gegenüber dem geschmolzenen Spiegeleisen den Vortheil einer weniger heftigen Reaction.

Gewöhnlich werden zum Erhitzen kleine Flammöfen benutzt, welche am besten durch Abhitzgase der Dolomitbrennöfen geheizt werden.

In Teplitz wird das Spiegeleisen in Oefen erwärmt, deren Abhitze zum Erhitzen des Zuschlagskalkes Verwendung findet, wie im Folgenden beschrieben ist. Der Ofen hat einen Treppenrost, der mit kleinen Braunkohlenstücken beschickt wird, an den Fuchs schliesst sich ein Terrassenthurm an, welcher den Kalk enthält. Das für jede Bessemerhitze nöthige Spiegeleisenquantum verbraucht einschliesslich des zugehörigen Kalkes 20 kg Nussbraunkohle.

Da auch mit dem Schmelzen im Kupolofen stets ein Verlust von Mangan durch Oxydation, wenn nicht im Ofen selbst, so nach dem Abstich, verbunden ist, so empfiehlt sich auch aus diesem Grunde die Anwendung festen, wenn auch bis nahe zum Schmelzpunkt erhitzten Spiegeleisens.

b. Eisensilicium und Mangansilicium.

Ferromangan und Spiegeleisen bewirken fast jedesmal beim Zusetzen ein heftiges Aufschäumen, weil der durch das Mangan hervorgerufene Desoxydationsprocess gleichzeitig von einer starken Kohlenoxydgasentwickelung begleitet ist, welche um so mehr auftritt, je kohlenstoffreicher das Zusatzmaterial ist, also mehr bei Spiegeleisen als bei Ferromangan. Um das Aufschäumen zu vermeiden, ist mehrfach Siliciumeisen benutzt worden, welches in Folge des steigenden Verbrauchs auf der Königshütte in Oberschlesien als Hochofenproduct hergestellt werden kann.

Andererseits hat man das heftige Aufwallen gerade für eine sehr vortheilhafte Erscheinung zur vollkommenen Mischung des Eisens und Mangans gehalten und wünscht es nicht zu vermeiden. Uebrigens liegt die allgemeine Erfahrung vor, dass das mit Ferrosilicium erblasene Flusseisen in den Gussformen weniger steigt und dichtere Gussblöcke liefert.

Die Anwendung des Ferrosiliciums und des Manganosiliciums ist als Regel nur in Frankreich üblich, wo man es aus den zuletzt angegebenen Gründen dem Spiegeleisen und Ferromangan vorzieht.

Die Zusammensetzung einiger Sorten zeigt folgende Tabelle [1]):

	Mangan	Silicium	Kohlenstoff	
	Procent	Procent	Procent	
1	30,14	9,76	1,74	graphitfreie Sorten von Hollway.
2	28,89	8,81	2,13	
3	25,70	6,72	3,01	
4	27,13	4,58	3,65	
5	44,64	3,30	4,68	hochmanganhaltige und siliciumärmere Sorten.
6	48,20	3,35	4,55	
7	68,64	0,43	5,79	
8	70,10	0,12	5,59	
9	79,36	0,87	5,69	
10	24,36	9,19	2,72	mit Graphitausscheidungen.
11	2,11	8,33	2,42	Ferrosilicium.

c. Eisenabfälle.

An Eisenabfällen setzt man so viel wie irgend möglich zu, ohne die Temperatur zu stark zu ermässigen. Das zulässige Maass kann lediglich die Erfahrung an die Hand geben. Einen sehr hohen Satz hat man in Teplitz erreicht, wo auf eine Hitze von 6,5 Tonnen 400 bis 800 kg kalter Schrott gesetzt werden, und zwar vertheilt während der ganzen Blasezeit, am reichlichsten während des Nachblasens [2]).

In anderen Werken kippt man die Birne während des Einwerfens der Flusseisenabfälle, in Teplitz dagegen werfen die Arbeiter die Eisenstücke mit grosser Geschicklichkeit ohne Unterbrechung des Blasens in die Mündung der aufrechtstehenden Birne.

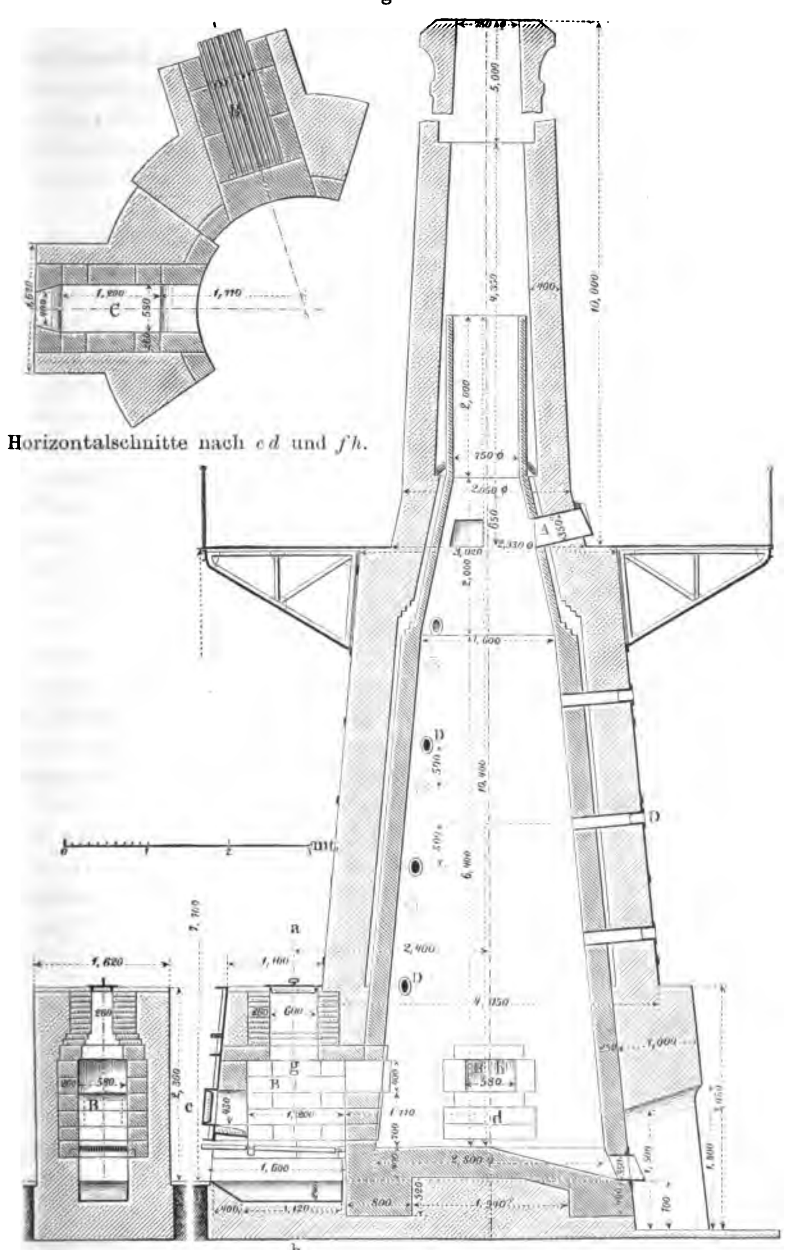
3. Der Zuschlagskalk.

Zur Bindung der selbst bei kieselsäurefreiem Futter durch Oxydation des im Roheisen niemals fehlenden Siliciums entstehenden Kieselsäure wird Kalk angewendet.

Der Kalk wird durch Brennen von Kalkstein hergestellt, um die für Austreibung der Kohlensäure nöthige Wärme nicht dem Bessemerprocesse zu entziehen.

[1]) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenw. 1883, S. 341. — [2]) Iron and Steel 1882, II, p. 459.

Fig. 38.



Horizontalschnitte nach *cd* und *fh*.

Schnitt nach *ab*. Verticalschnitt.

Kalkbrennofen zu Peine.

Das Brennen und Vorwärmen. Das Brennen geschieht der Regel nach in gewöhnlichen Schachtöfen mit schichtweise aufgegebenen Steinkohlen oder Koks. Mehr als die Einmischung von festem Brennstoffe empfiehlt sich indessen die Anlage besonderer Rostfeuerungen oder eine vollständige Gasfeuerung, welche die Zuführung von kieselsäurehaltigen Aschenbestandtheilen zwischen den Kalkstein zu vermeiden gestatten. Ein in Peine gebrauchter Ofen mit besonderer Feuerung ist in Fig. 38 (a. v. S.) abgebildet [1]).

Seltener als Schachtöfen werden Flammöfen zum Brennen angewendet, häufiger zur Erhitzung des bereits vorgebrannten Kalkes.

In Teplitz ist die Erhitzung des Zuschlagskalkes mit der des Spiegeleisens combinirt [2]). Der Zuschlagskalk wird durch die Abhitze des Spiegeleisenofens erhitzt, in dem das Spiegeleisen, wie beschrieben, nur glühend gemacht, nicht in den flüssigen Aggregatzustand übergeführt wird.

Der Ofen hat hier einen Treppenrost, der mit Nussbraunkohle geheizt wird [3]), ist als liegender Flammofen construirt und mit einem vertical in einen Thurme aufsteigenden Fuchs versehen. In diesem Thurme befinden sich abwechselnd geneigte schiefe Ebenen, auf welchen der Kalk hinabgleitet. Die aus diesem Apparate entweichenden Gase gelangen in einen gemauerten Schornstein, in dessen unterem Theile die Aufgebeöffnung für den Kalkstein angebracht ist. Der Kalk wird im bereits gebrannten Zustande aufgegeben und gleitet nun, sich mehr und mehr erhitzend, auf den schiefen Ebenen in dem Maasse herab, als er unten nach Erforderniss gezogen wird. Es muss zur Erhaltung eines hinreichenden Zuges nur für Vermeidung eines Uebermaasses von staubförmigem Kalk gesorgt werden. Für einen Einsatz von 6,5 Tonnen Roheisen in die Birne braucht man 370 kg Spiegeleisen und 850 kg Kalk; beides wird mit 20 kg Nusskohle erhitzt [4]).

Der Kalkstein wird niemals todt gebrannt, weil er dann seine Porosität verliert und eine zu langsame Wirkung in der Birne äussert.

Die Menge auf den Roheiseneinsatz bezogen schwankt zwischen 10 und 18 Proc. Man braucht z. B. in Hayingen 10 bis 15 Proc., in Teplitz 13 Proc., in Middlesborough 15 bis 17 Proc., in Creusot 16 bis 18 Proc., in Kladno, Rheinische Stahlwerke u. s. w. 12 Proc.

Einführung des Kalkes.

Zur Einführung des Kalkes, den man wo möglich erhitzt anwendet, in die Birne bedient man sich der Regel nach eiserner Schüttröhren,

---

[1]) Mit Genehmigung des Verfassers aus Ledebur, Eisenhüttenkunde, I, S. 212, entnommen. — [2]) Vergl. S. 99. — [3]) Die Stückgrösse schwankt zwischen $^3/_4$ und 36 ccm. — [4]) Iron and Steel 1882, II, p. 455 wo der Druckfehler 600 statt 850 kg, und S. 99.

welche in schräger Richtung vom Beschickungsboden der Kupolöfen durch das Dach oder die Seitenwand der Birnenhütte laufen und so ausmünden, dass die Birnen bei geringer Drehung mit der Mündung darunter zu stehen kommen.

In anderen Fällen (z. B. zu Hayingen) ist eine Oeffnung in der Esse angebracht, durch welche der Kalk mittelst einer vorgehängten Rinne in den Birnenhals bei vollkommen aufgerichteter Stellung der Birne geführt wird.

In Kladno wird der Kalk in eiserne Schüttgefässe gethan, welche an die Birnenmündung angehangen werden und ihren Inhalt beim Aufkippen in die Birne entleeren; in Friedenshütte soll der Kalk bei liegender Stellung der Birne von einem auf Schienengeleise laufenden Wagen aus eingeschüttet werden.

Selten wird der Kalk erst in der Birne angewärmt, häufig jedoch hier noch höher erhitzt und mit dieser Operation eine Anwärmung der Birne selbst verbunden.

In Teplitz z. B. werden nach dem Auswechseln der schadhaften Formen 7 bis 8 kg Koks in die Birne geworfen, dann 150 kg Braunkohle zugefügt. Wenn der Boden durch schwaches Blasen während 5 Minuten heiss geworden ist, wird die Birne ausgeleert, und nun kommt der heisse Kalk ohne weiteren Brennmaterialzusatz hinein und gleich darauf das flüssige Roheisen.

In Kladno dagegen wird der Kalk (1100 kg auf 6000 kg Roheiseneinsatz) mit Steinkohle (160 bis 180 kg) gemischt eingebracht und mit schwacher Pressung der Gebläseluft so lange gewärmt, bis das Roheisen in die Birne gelassen werden kann. In den meisten anderen Werken wird ebenso verfahren, aber an Stelle von Steinkohle Koks verwendet.

In Hayingen und Rheinischen Stahlwerken endlich wird die von dem vorigen Satze heisse Birne ohne Zögern mit Kalk beschickt und mit Roheisen versehen, ohne dass noch besonderes Brennmaterial angewendet würde.

Gewichtsmengen. 1 cbm gebrannter Kalk wiegt durchschnittlich 750 kg, der Kalkzuschlag also bei Sätzen von 6 Tonnen Roheisen und 18 Proc. Zuschlag 1080 kg. Diese Menge bedingt einen weit grösseren Fassungsraum der Birne für den basischen als für den sauren Process. Uebrigens ist, wie später gezeigt werden wird, die praktisch angewendete Kalkmenge viel grösser als sie der Theorie nach zu sein brauchte. Es liegt dies theils an den nicht unbedeutenden Verlusten, die durch Verstäubung und Ausblasen entstehen, theils an der Nothwendigkeit, einen sicheren Ueberschuss in der Schlacke zu behalten.

Die theoretische Berechnung der Zuschlagskalkmenge hat der um die gesammte Theorie des basischen Bessemerprocesses hochverdiente Professor Ehrenwerth wie folgt vorgeschlagen[1]:

---

[1]) Studien über den Thomas-Gilchrist-Process. Wien 1881.

Der gebrannte Kalk enthalte n Proc. Kieselsäure, so erfordern diese zur Bildung von Ca_2SiO_4 an Kalkerde:

$$1)\qquad \frac{n}{100}\ 1{,}876 \text{ Gewichtstheile}$$

und zur Bildung von Ca_4SiO_6:

$$2)\qquad 2\cdot\frac{n}{100}\cdot 1{,}876 \text{ Gewichtstheile.}$$

An freiem Kalk sind daher nur vorhanden:

$$1a)\qquad 1 - n\cdot 0{,}01876 \text{ Gewichtstheile,}$$
$$2a)\qquad 1 - n\cdot 0{,}03752 \quad \text{"}$$

und einem Gewichtstheile freien Kalkes entspricht:

$$1b)\qquad \frac{1}{1 - n\cdot 0{,}01876},$$

$$2b)\qquad \frac{1}{1 - n\cdot 0{,}03752} \text{ gebrannter Kalk.}$$

Angenommen, der Kalk enthalte 5 Proc. Kieselsäure, so wird:

1) = 0,09335
2) = 0,18670
1a) = 0,857
2a) = 0,763
1b) = 1,17
2b) = 1,31 Gewichtstheile.

Da 1 Gewichtstheil Silicum zur Bildung von Ca_2SiO_4 4 Gewichtstheile Kalkerde erfordert, so sind an gebranntem Kalk:

$$\frac{4}{1 - n\cdot 0{,}01876} = 4{,}68,$$

zur Bildung von Ca_4SiO_6:

$$\frac{8}{1 - n\cdot 0{,}03752} = 10{,}48 \text{ Gewichtstheile nöthig.}$$

Zur Bildung von $Ca_2P_2O_7$ erfordert 1 Gewichtstheil P an freier Kalkerde 1,803 Gewichtstheile, danach an Kalk mit n Proc. Kieselsäure zur Bildung von Ca_2SiO_4: $1{,}803 / 1 - n . 0{,}01876$, oder bei 5 Proc.:

$$\frac{1{,}803}{1 - 5\cdot 0{,}01876} = 2{,}110 \text{ Gewichtstheile}$$

oder zur Bildung von Ca_4SiO_6:

$$\frac{1{,}803}{1 - 5\cdot 0{,}03752} = 2{,}362 \text{ Gewichtstheile,}$$

endlich zur Bildung von $Ca_3P_2O_8 = 1{,}5 \; . \; 2{,}362 = 1{,}543$ Gewichtstheile Kalk.

Unter der Annahme, dass Mangan als Singulosilicat verschlackt wird, und da 1 Gewichtstheil Mangan $\frac{14}{55} = 0{,}2545$ Gewichtstheil Silicium in Anspruch nimmt, bleibt nur der Rest des Siliciums für die Kalkverschlackung übrig, d. h. wenn s den Silicium-, m den Mangangehalt des Roheisens bezeichnet, $s - 0{,}255\,m$, unter der Annahme eines Subsilicats $s - 0{,}1257\,m$.

Daher ist für das übrig bleibende Silicium zur Bildung von Ca_2SiO_4 von einem 5 Proc. Kieselsäure haltenden Kalk $= 4{,}68\,(s - 0{,}255\,m)$, zur Bildung von $Ca_4SiO_6 = 10{,}48\,(s - 0{,}127\,m)$ erforderlich.

Wird mit p die Menge des Phosphors im Roheisen bezeichnet, so ist an 5 Proc. Kieselsäure haltendem Zuschlag nöthig:

1) für Bildung von

$$Ca_2SiO_6 \text{ und } Ca_2P_2O_7 = 4{,}68\,s - 1{,}19\,m + 2{,}110\,p,$$

2) für Bildung von

$$(Ca, Mn)_4SiO_6 \text{ und } Ca_2P_2O_7 = 10{,}48\,s - 1{,}336\,m + 2{,}362\,p,$$

3) für Bildung von

$$Ca_4SiO_6 \text{ und } Ca_3P_2O_8 = 10{,}48\,s - 1{,}336\,m + 3{,}543\,p.$$

Ersatz des Kalkes durch andere Substanzen.

Anfänglich glaubte Thomas statt des Kalkes Dolomit als basischen Zuschlag anwenden zu müssen, man fand aber bald, dass der nach dem Brennen poröser bleibende Kalk besser geeignet sei, wenn nur ein hinreichend kieselsäurefreier Stein ausgesucht werde.

Ebenso verliess man mit Recht den anfänglich gleichfalls von Thomas gemachten Vorschlag, mit dem Kalke Eisenoyxde einzuführen[1]). Es ist jetzt bekannt, dass die Herstellung einer nur durch Eisenoxyd basisch gemachten Schlacke, wie sie ganz im Anfange der Entwickelung des Bessemerprocesses der Verfasser vorgeschlagen hatte[2]), so lange ohne Erfolg bleiben musste, als ein saures Futter benutzt wurde. Anders konnte es sich bei Anwendung des basischen Futters verhalten. Die Frage, ob also beim basischen Processe die Hervorrufung einer eisenhaltigen Schlacke vortheilhaft sei, ist indessen auch zu verneinen; denn so lange kohlenstoffhaltiges Eisen vorhanden ist, wird das Eisenoxyd reducirt und durch Kalk aus der Wandung ersetzt werden; mithin wird eine entsprechende Abnutzung des Birnenfutters herbeigeführt, welche gerade durch den basischen Zuschlag verhindert werden sollte.

Es könnte ferner die Frage entstehen, ob (nach Analogie des Krupp'schen Processes[3]) ein Zusatz von Manganoxyden zweckmässig sei; in-

[1]) Vergl. S. 24. — [2]) Vergl. S. 10. Ich hatte damals vorgeschlagen, die abgegossene phosphorhaltige Schlacke durch eine reine Garschlacke zu ersetzen. — [3]) Vergleiche Seite 12.

dessen auch dies muss verneint werden. Die Manganoxyde würden allerdings die Kieselsäure, welche gebildet wird, in Anspruch nehmen und so eine Verringerung des Kalkzuschlags, ja eine gänzliche Beseitigung desselben ermöglichen; aber abgesehen davon, dass zur Bildung des Kalkphosphats der Zuschlag nicht entbehrt werden könnte, würde damit auch die durch die Oxydation des Mangans erzeugte Wärme verloren gehen.

Sodann ist versucht worden, die an sich durch den sehr grossen Kalkzuschlag steife Schlacke dünnflüssiger zu machen, und zu diesem Zwecke hat man Flussspat und Alkalien, letztere in Form von Haloidsalzen oder Carbonaten empfohlen. Diese Verflüssigung der Schlacke hat sich jedoch nicht bewährt, im Gegentheil hat man es öfters für nöthig befunden, am Ende des Processes noch Kalk zuzusetzen, um die Schlacke zu verdicken, z. B. in Oberhausen, wo man dadurch das Abgiessen der Schlacke vermeiden will. Nur in Creusot pflegt man zu 16 bis 18 Proc. Kalk regelmässig noch 1,5 Proc. Flussspat zu setzen.

Vielfach, aber überall ohne Erfolg, ist versucht worden, das Nachblasen durch Bildung einer besonderen Schlacke zu ersetzen.

Die zu diesem Zwecke gewählten Zuschläge sind folgende: Eisen- und Manganoxyde, Kryolith, Flussspat, ätzende oder kohlensaure Alkalien, Abraumsalze und andere Haloidsalze, kohlensaure Alkalien allein oder mit Erden (Kalk, Magnesia, Baryt, Strontian) gemischt. (Hörde R.-P. Nr. 10472, 13660, 14468 und 14578.)

Das Nachblasen kann, wie sich aus den zahlreichen Versuchen mit diesen und ähnlich wirkenden Substanzen ergeben hat, nicht durch Verflüssigung der Schlacke umgangen werden, da gerade bei einer sehr dünnflüssigen Schlacke eine beständige innige Vermengung des die Phosphorsäure stets wieder reducirenden Kohleneisens mit der phosphorhaltigen Schlacke unvermeidlich ist, so lange geblasen wird. Die Methode, die Schlacke vor dem Nachblasen abzugiessen, hat keinen Zweck, da man ihrer zur Aufnahme der Phosphorsäure bedarf. Es bleibt also thatsächlich nur das wirklich eingeführte Verfahren übrig, wonach die kalkreiche Schlacke zur Entsphosphorung benutzt und erst nach vollendeter Entphosphorung, aber vor dem Zusatz von Kohlungs- und Desoxydationseisen (Spiegeleisen, Ferromangan, Ferrosilicium) abgegossen wird.

4. Der Wind.

Für den basischen Process bedarf der Wind einer höheren Pressung, als für den sauren, um die chemischen Reactionen mit gleicher Geschwindigkeit durchzuführen. Während die älteren Gebläse (welche da, wo ein bereits bestehendes Werk für den basischen Betrieb benutzt wurde, auch weiter zur Anwendung kommen sollten) meist nur eine Ueberpressung von

$1^1/_2$ Atmosphären gestatteten, hat man neuere Gebläse auf mindestens 2 Atmosphären Ueberdruck eingerichtet und damit guten Erfolg erzielt.

Die neue Gebläsemaschine zu Heft [1]) ist sogar auf 2 bis $2^1/_2$ Atmosphären Ueberdruck berechnet und kann $3^1/_2$ Atmosphären leisten, was sicherlich ein wesentlicher Fortschritt ist.

Allgemein sind Bessemergebläse in einem von dem Verein für Beförderung des Gewerbfleisses preisgekrönten Aufsatze von Daelen [2]) beschrieben worden.

Die Menge des Windes ergiebt sich aus der Zahl und Grösse der Düsen nicht mit hinreichender Sicherheit, weil die letzteren sich zu schnell erweitern. Einige Beispiele zeigen die üblichen Grössen und Pressungen:

Name des Werkes	Formen mit Düsen		Summe der Düsen	Durchmesser jeder Düse mm
Teplitz	6	7	42	18
Wittkowitz	4	7	28	24
Kladno	—	—	84	10
Rotheerde	—	—	64	15
Peine	—	—	56	11
Hörde	—	—	36	13
Neunkirchen	8	7	56	11
Hayingen	13	8	104	10

Aus dem Grunde, dass nach der Pressung allein bei dem wechselnden Durchmesser der Düsen, ja deren oft eintretender gänzlichen Verstopfung durch Ansätze, das Volumen der eingeblasenen Luft nicht bestimmt werden kann, pflegt man beim Nachblasen die Hubzahl des Gebläses allein maassgebend sein zu lassen.

So z. B. bläst man in Teplitz, wo der Gebläsecylinder 850 mm Durchmesser, der Kolben 1268 mm Hub hat, die Cylinderfüllung 0,72 cbm ist, mit 350 Wechseln nach erfolgter Entkohlung, bei einem Roheisen mit 2 Proc. Phosphor und 0,6 bis 0,7 Proc. Mangan und bei bereits gebrauchten Düsen. Sind die Düsen noch neu, also sehr lang, so wendet man 370 Wechsel, bei sehr phosphorreichem Roheisen in gleichem Falle als Maximum 400 Wechsel an. Man rechnet überhaupt auf 100 kg Einsatzroheisen 17 cbm Wind.

[1]) Vergl. A. Riedler, Das Bessemergebläse in Heft (Zeitschr. deutscher Ingenieure Nr. 1 und 2, 1884). — [2]) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses 1883, Verh. S. 181.

In Kladno, wo man der Regel nach fünf Minuten und einige Secunden nachbläst, lässt man die Gebläsemaschine bei einer Pressung von 2 Atmosphären 320 Hübe machen.

Zur Berechnung der in die Birne strömenden Windmenge im Anfange des Blasens, welche im Wesentlichen, da auch beim Ausbrennen der Düsen der Druck des Windes festgehalten, ja gesteigert wird, das Minimum repräsentirt, hat Hauer die gegenüberstehende Tabelle berechnet [1]), in welcher sich das Windquantum M in Cubikmetern aus dem Durchmesser der Düsen d, aus der Pressung des Windes in der Windleitung h_1 (in Meter Quecksilbersäule oder Kilogramm pro Quadratcentimeter) und dem Gegendrucke in der Birne h_2 ergiebt. Dieser Gegendruck wird allerdings durch die Höhe des Eisenbades und die Spannung der darüber befindlichen Gase nicht allein bestimmt; denn durch die Oxydation findet eine Bindung des Sauerstoffs der Luft statt, welche dem übrig bleibenden Stickstoff im Augenblicke wenigstens eine geringere Spannung zuertheilt, so dass nicht der volle Druck zur Geltung kommt. Man wird indessen nicht erheblich irren, wenn zur überschläglichen Berechnung h_2 aus der Eisenbadhöhe allein abgeleitet wird [2]).

Soll die Windmenge M auf 0^0 Temperatur und 0,76 m Barometerstand oder auf Temperatur und Spannung des Saugraumes der Gebläsemaschine reducirt werden, so ist die nach der Tabelle gefundene Menge durch Multiplication mit Correctionsfactoren zu finden, nach den Formeln:

M_0 Windmenge von 0^0 und 0,76 m $= f \lambda M$

und M_3 „ bezogen auf den Saugraum $= f_1 M_0$.

Die von Hauer ebenfalls tabellarisch zusammengestellten Werthe von f, f_1 und λ finden sich im zweiten Bande der Eisenhüttenkunde bereits angegeben [3]).

Daelen giebt folgende Uebersicht (S. 110) über bestehende Maschinen, von denen ein grosser Theil ebenso wie früher zum sauren, jetzt zum basischen Betriebe benutzt wird.

---

[1]) v. Hauer, Hüttenwesenmaschinen, 2. Aufl., S. 17 und 613. — [2]) Die Eisenbadhöhe beträgt der Regel nach 400 bis 500 mm, richtet sich im Einzelnen aber nach Roheisenmenge und Birnenweite. — [3]) Abtheilung II, S. 171 bis 175.

Windtabelle für Bessemergebläse.

d in Millimetern		10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20
Pressung $h_1 - h_2$ in		Windmenge M in Cubikmetern																				
Metern	kg pr. qcm																					
0,50	0,68	1,20	1,33	1,45	1,59	1,73	1,88	2,03	2,20	2,36	2,53	2,71	2,90	3,09	3,28	3,48	3,69	3,91	4,13	4,35	4,58	4,82
0,55	0,74	1,26	1,39	1,52	1,67	1,82	1,97	2,13	2,30	2,48	2,66	2,84	3,04	3,24	3,44	3,65	3,87	4,10	4,33	4,56	4,81	5,06
0,60	0,81	1,32	1,45	1,59	1,75	1,90	2,06	2,23	2,40	2,59	2,78	2,97	3,17	3,38	3,60	3,82	4,04	4,28	4,52	4,77	5,02	5,28
0,65	0,88	1,37	1,51	1,66	1,82	1,98	2,14	2,32	2,50	2,69	2,89	3,09	3,30	3,52	3,74	3,97	4,21	4,45	4,70	4,96	5,23	5,50
0,70	0,94	1,42	1,57	1,72	1,88	2,05	2,23	2,41	2,60	2,80	3,00	3,21	3,43	3,65	3,88	4,12	4,37	4,62	4,88	5,15	5,42	5,71
0,75	1,02	1,47	1,62	1,78	1,95	2,12	2,30	2,49	2,69	2,89	3,10	3,32	3,55	3,78	4,02	4,27	4,52	4,78	5,05	5,33	5,61	5,91
0,80	1,08	1,52	1,68	1,84	2,01	2,19	2,38	2,57	2,78	2,99	3,21	3,43	3,66	3,90	4,15	4,41	4,67	4,94	5,22	5,50	5,80	6,10
0,85	1,15	1,57	1,73	1,90	2,08	2,26	2,45	2,65	2,86	3,08	3,30	3,54	3,78	4,02	4,28	4,54	4,81	5,09	5,38	5,67	5,97	6,29
0,90	1,22	1,61	1,78	1,95	2,14	2,33	2,52	2,73	2,95	3,17	3,40	3,64	3,89	4,14	4,40	4,67	4,95	5,24	5,53	5,84	6,15	6,47
0,95	1,29	1,66	1,83	2,00	2,20	2,39	2,59	2,80	3,03	3,26	3,49	3,74	3,99	4,25	4,52	4,80	5,09	5,38	5,69	6,00	6,32	6,65
1,0	1,35	1,70	1,87	2,06	2,25	2,45	2,66	2,88	3,11	3,34	3,58	3,83	4,09	4,36	4,64	4,93	5,22	5,52	5,83	6,15	6,48	6,82
1,1	1,49	1,78	1,96	2,16	2,36	2,57	2,79	3,02	3,26	3,50	3,76	4,02	4,29	4,58	4,87	5,17	5,47	5,79	6,12	6,45	6,80	7,15
1,2	1,62	1,86	2,05	2,25	2,47	2,69	2,91	3,15	3,40	3,66	3,93	4,20	4,49	4,78	5,08	5,40	5,72	6,05	6,39	6,74	7,10	7,47
1,3	1,76	1,94	2,14	2,34	2,57	2,80	3,03	3,28	3,54	3,72	4,09	4,37	4,67	4,97	5,29	5,62	5,95	6,30	6,65	7,02	7,39	7,77
1,4	1,89	2,01	2,22	2,43	2,66	2,90	3,15	3,40	3,68	3,86	4,24	4,54	4,84	5,16	5,49	5,83	6,18	6,53	6,90	7,28	7,67	8,07
1,5	2,03	2,08	2,29	2,52	2,76	3,00	3,26	3,52	3,80	4,09	4,39	4,70	5,01	5,34	5,68	6,03	6,39	6,76	7,15	7,54	7,94	8,35
1,6	2,17	2,15	2,37	2,60	2,85	3,10	3,36	3,64	3,93	4,23	4,53	4,85	5,18	5,52	5,87	6,23	6,60	6,99	7,38	7,78	8,20	8,62
1,7	2,29	2,22	2,44	2,68	2,94	3,20	3,47	3,75	4,05	4,36	4,67	5,00	5,34	5,69	6,05	6,42	6,81	7,20	7,61	8,02	8,45	8,89
1,8	2,44	2,28	2,51	2,76	3,02	3,29	3,57	3,86	4,17	4,48	4,81	5,14	5,49	5,85	6,22	6,61	7,00	7,41	7,83	8,26	8,70	9,15
1,9	2,57	2,34	2,58	2,83	3,10	3,38	3,67	3,97	4,28	4,60	4,94	5,29	5,64	6,01	6,40	6,79	7,19	7,61	8,04	8,48	8,93	9,40

	Name des Hüttenwerkes	Jahr der Inbetriebsetzung	Roheiseneinsatz der Birne Tonnen	Durchmesser d. Dampfcylinders mm	Durchmesser des Gebläsecylinders mm	Gemeinschaftlicher Hub mm	Umgänge pro Minute	Dampfdruck in kg pro qcm	Winddruck in kg pro qcm	Angesaugte Luftmenge pro Cylinder und eine Umdrehung cbm	Querschnittsverhältniss des Dampf- und Windcylinders	Art des Gebläses
1	Hörde [1]	1865	3	940	1100	1256	28 bis 32	5	1,5 bis 1,8	2,16	1 : 1,77	liegend
2	Hösch bei Dortmund	1872	6	1100	1250	1570	28	5	1,5 „ 2	3,84	1 : 1,3	„
3	Rotheerde	1875	5	1000	1250	1600	22	5	1,5 „ 2	3,0	1 : 1,50	„
4	Königshütte	1875	10	1334	1570	1570	25 bis 30	4,5	1,5 „ 2	6,08	1 : 1,44	„
5	Phönix	1873	5	860	1100	1255	50	5	1,5 „ 2	2,16	1 : 1,63	„
6	Prevali	1875	10	1315	1580	1580	20	4	1,5 „ 2	6,2	1 : 1,45	„
7	Gutehoffnung . . .	1872	8	1250	1500	1420	38	4,5	1,5 „ 2	5,0	1 : 1,44	stehend
8	Bochum	1870	10	1250	1570	1730	25 bis 30	4	1,5 „ 2	6,82	1 : 1,58	„
9	Henrichshütte . . .	1871	8	1100	1400	1580	35	5	1,5 „ 2	4,86	1 : 1,6	„
10	Union bei Dortmund	1872	8	950	1250	1250	40	5	1,5 „ 2	3,10	1 : 1,59	„
11	Bessèges	1878	6	655 / 1140	1080	1861 / 2500	18 bis 20	5	1,5 „ 2	4,8	1 : 0,62	„
12	Angleur	?	3	735	1040	900	40	?	1,5	1,55	1 : 2	„

[1]) Das neueste Gebläse zu Hörde hat 1830 mm Durchmesser des Dampf-, 1650 mm des Gebläsecylinders und 1770 mm Hub. Es macht gewöhnlich 28, bei scharfem Betriebe 35 Touren.

Einige andere Bessemergebläse haben nach Schlinck's Angaben folgende Abmessungen [1]):

	Durchmesser des Dampf- Cylinders	Durchmesser des Gebläse- Cylinders	Hub
	mm	mm	mm
Barrow (England)	1016	1371	1524
Edgar Thompson (Nord-Amerika)	1067	1371	1219
Bethlehem (Nord-Amerika) . .	914	1219	1524
Anzin (Frankreich)	1200	1500	1800

Die Gebläsecylinder der für den basischen Betrieb benutzten Gebläse zu:

Teplitz haben 870 mm Durchmesser und 1268 mm Hub
Kladno „ 930 „ „ „ 1550 „ „

Im Allgemeinen verlangt man von einem neuen Gebläse, welches gleichzeitig nur eine Birne betreiben soll, dass es mindestens 150 bis 200 cbm Luft in der Minute ansaugen und diese auf eine Spannung von 2 bis 3 Atmosphären zusammenpressen kann, jedoch pflegt man bei basischen Anlagen davon auszugehen, dass 450 bis 500 cbm Luft pro Tonne Roheisen in der Birne vom Gebläse angesaugt werden müssen, wobei der Verlust von 30 bis 40 Proc. Wind eingerechnet ist.

In Heft wird nach Riedler [2]) diesen Anforderungen durch ein Gebläse mit 1070 mm weitem Cylinder bei 1500 m Hub entsprochen.

Daelen kommt in der vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses prämiirten Arbeit [3]) über die bestehenden Bessemergebläse zu den folgenden Schlüssen bezüglich der Wahl eines stehenden oder liegenden Gebläses:

Der Vorzug der stehenden vor den liegenden Gebläsemaschinen ist in der grösseren Gleichförmigkeit des Verschleisses aller geradlinig bewegten Theile zu finden und zwar um so mehr, als das Gewicht des Gebläsekolbens sehr erheblich ist und ein so gutes Schmiermittel, wie für den Dampfkolben im feuchten Dampfe, durch die Graphitschmiere nicht geboten wird. Ferner ist bei stehender Construction die Anordnung der Ventile leichter, da diese ausserhalb der Kolbenflächen des Cylinders so eingebaut werden können, dass ihre Auswechselung ohne Abnehmen eines Deckels, nur durch Lösung einer Schraube erfolgen kann; auch können hier die Ventile ohne Schwierigkeit mit verticaler Bewegung hergestellt werden, ein Vortheil, der bei liegenden Gebläsen durch Spiralfedern an den Saugventilen nicht ausgeglichen werden kann. Der Vorzug der liegenden Gebläse beruht in der leichten Aufstellung und bequemen Beaufsichtigung und Unterhaltung aller Theile.

---

[1]) Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1880, II, Seite 233. — [2]) Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure, 1884. — [3]) Verhandlung des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses, 1883, S. 181.

Die bei den älteren Bessemergebläsen fast ausnahmslos benutzten Gummiringventile hat man nicht nur für den Einlass, sondern auch für den Auslass jetzt verlassen. Meist werden Klappen- oder Tellerventile mit Federentlastung angewendet und den Saugventilen, die man in grosser Zahl anordnet, um die einzelnen nicht von sehr grossem Querschnitt machen zu müssen, $^1/_5$ bis $^1/_7$ freier Durchgangsquerschnitt, den Druckventilen $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ freier Durchgangsquerschnitt vom Kolbenquerschnitt gegeben. Die Zahl der ersten wechselt zwischen 18 und 32, die der letzteren zwischen 4 und 8.

Daelen kommt zu dem Resultate[1]), dass die selbstthätigen Windsteuerungen, und zwar leicht mit Leder garnirte Rundventile oder Klappen, die beste und einfachste Steuerung für die Herstellung sowohl, als für den Betrieb ergeben haben. Die Klappen erleichtern die volle Ausnutzung des freien Deckeltheils, die Rundventile haben dagegen den Vorzug, dass sie mit ihren Sitzen auswechselbar sind.

Man macht die Ventile zweckmässiger Weise nicht aus Gummi, sondern aus leichten Stahlscheiben, die mit Leder gelidert sind.

Daelen[2]) empfiehlt gezwungene Bewegung allein für die Saugventile, da die Druckventile mit gleicher Steuerung nur gut wirken könnten, wenn der Druck stets ein gleicher sei.

In Prevali ist das Gebläse nach diesem Principe angeordnet; indessen hat Riedler[3]) in Heft neuerdings erfolgreich überhaupt Ventile mit gezwungener Schlussbewegung und selbstthätiger Oeffnung angewendet.

Erhitzung des Windes.

Wie früher beim sauren, so ist auch jetzt für den basischen Process vorgeschlagen worden, die Arbeit durch Erhitzung des Windes abzukürzen, und es wurden zu diesem Zwecke Winderhitzungsapparate zwischen Gebläsemaschine und Bessemerbirne eingebaut. Der Erfolg ist indessen ein gänzlich umgekehrter gewesen, als erwartet wurde, ja es ist sogar durch absichtliche Abkühlung des Windes, welche zuerst von Göransson eingeführt wurde, ein besseres Resultat erreicht worden.

Der heisse Wind nämlich bringt den Sauerstoff der Luft zu wenig dicht in das Eisenbad und die Wirkung auf die Oxydation wird dadurch abgeschwächt. Göransson[4]) schaltet daher zum Zwecke der Verdichtung des Windes eine Kammer ein, in welcher sich eine grosse Zahl enger Windröhren befindet, die von aussen durch fliessendes Wasser gekühlt werden.

---

[1]) Vergl. Verh. des Vereins zur Bef. des Gewerbfl. 1883, S. 186. — [2]) l. c. S. 179, vgl. auch Schlinck, Gebläsemaschinen, Glaser's Annalen 1882, II, S. 8 und 93. — [3]) Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure, l. c. — [4]) R.-P. Nr. 22172.

Es möge mit Bezug auf Winderhitzung hier nur noch bemerkt werden, dass vorgeschlagen ist, die Birnenflamme zum Heizen des Kupolofenwindes zu benutzen[1]); richtiger wäre es, sie zum Anwärmen des Spiegeleisens zu verwenden.

Trocknung des Windes.

Der Erfolg der Abkühlung liegt, wie nachher gezeigt werden wird, nicht zum geringsten Theile in der Befreiung der Luft vom Wasserdampf. Es ist versucht worden, diese Trocknung noch weiter durch Wasser absorbirende Stoffe fortzusetzen, jedoch ist die Aussicht auf ökonomischen Erfolg bei einer solchen künstlichen Trocknung sehr gering. Die Dichthaltung der dabei zu verwendenden Gefässe, die grosse Menge der Trocknungsstoffe, wie gebrannten Kalks, Aetznatrons, Schwefelsäure oder dergleichen, macht unter allen Umständen sehr erhebliche Kosten und erschwert den Betrieb.

Die Feuchtigkeit der Luft wirkt allerdings recht nachtheilig ein, denn erstens wird die zur Zersetzung des Wasserdampfes nöthige Wärme unnütz verbraucht und ferner wird freier Wasserstoff gebildet, welcher mit Lebhaftigkeit vom Metalle absorbirt und in ziemlich grossen Mengen zurückgehalten wird. Ob indessen nicht davon mehr beim Giessen des Flusseisens als beim Blasen aufgenommen wird, ist mindestens fraglich, und deshalb bedarf es erst noch genauerer Feststellungen, ehe ein sicheres Urtheil über den ökonomischen Nutzen der Windtrocknung gefällt werden kann.

Einfluss der Erhitzung, Abkühlung und Trocknung.

Göransson hat Formeln, nach welcher sich der Einfluss der Erhitzung, Abkühlung und Trocknung des Windes lediglich vom Gesichtspunkte der mechanischen Arbeit und Wärmeentwickelung übersehen lässt, mit Rücksicht auf seine Erfindung eines Apparates zur Abkühlung des Windes zusammengestellt[2]).

Da für specielle Berechnungen ihre Benutzung von Vortheil ist, so folgen sie ohne Angabe der Entwickelung, für welche auf das Original verwiesen wird.

Es bedeute t_1 die zur Pressung p_1 gehörige Temperatur, t_2 die zu einer grösseren oder geringeren Pressung gehörige Temperatur, so ist:

$$\frac{p_1}{1 + \alpha t_1} = \frac{p_2}{1 + \alpha t_2},$$

α ist der Expansionscoëfficient der Luft $= \frac{1}{273}$.

---

[1]) cf. Engineer 1879, Bd. XLVIII, S. 321. — [2]) Ueber die Abkühlung des Bessemergebläsewindes von E. F. Göransson, Stockholm 1883.

Ist z. B. die absolute Pressung 2,36 Atmosphären und wird die Temperatur des Windes von 60 auf 20° vermindert, so ist die neue Pressung:

$$p_2 = 2{,}36 \frac{273 + 20}{273 + 60} = 2{,}076 \text{ Atmosphären.}$$

Ist v_1 und v_2 das von der Gebläsemaschine in der Zeiteinheit angesogene Luftvolumen von der Dichtigkeit der äusseren Luft, s_1 und s_2 die Anzahl der Hübe, so verhält sich bei gleichem Durchmesser und Hub:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{v_2}{v},$$

daher für die Compression der Luft in der Zeiteinheit:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{p_2^{\frac{n-1}{n}} - 1}{p_1^{\frac{n-1}{n}} - 1}.$$

Die Zeiten für den Process τ_1 und τ_2 verhalten sich umgekehrt, also:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{s_2}{s_1}.$$

War z. B. die Zeit bei einer Pressung von 2,36 Atmosphären und 60° warmem Winde 18 Minuten, so wird bei einer Abkühlung des Windes auf 20° die Zeit $\left(\frac{n-1}{n} = \frac{2}{7}\right)$

$$\tau_2 = \frac{2{,}076^{2/7} - 1}{2{,}36^{2/7} - 1} \cdot 18 = 15{,}03 \text{ Minuten.}$$

Durch Oxydation des Eisensatzes M, von welchem α Proc. an Eisen, β Proc. an Kohlenstoff und γ Proc. an Silicium verloren gehen (die übrigen Stoffe sind von Göransson unberücksichtigt geblieben, da es ihm nur auf einen Vergleich ankam), würde dem Eisenbade an Wärme zugeführt:

$$W = M \frac{\alpha A + \beta B + \gamma C + (\alpha k + \beta k_1 + \gamma k_2)t}{100},$$

worin A, B und C die Wärmemengen sind, welche mit dem Winde von 0° C. auf die Gewichtseinheit Eisen, Kohlenstoff und Silicium erzeugt werden, während k, k_1 und k_2 die diesen Wärmemengen entsprechenden constanten Wärmezuschüsse für jeden Grad der Temperaturerhöhung des Windes bedeuten.

Ist z. B. die Gewichtseinheit = 1 kg, $A = 722{,}4$, $B = 475{,}2$, $C = 6174{,}2$, $k = 0{,}296$, $k_1 = 1{,}381$, $k_2 = 1{,}183$, die Grösse des Eisensatzes 4500 kg mit 4,5 Proc. Eisenabbrand, 3,5 Proc. Kohlenstoff, 2 Proc. Silicium, so ist bei der Annahme eines 60° warmen Gebläsewindes, wenn

$$\frac{\alpha A + \beta B + \gamma C}{100} = K \text{ und } \frac{\alpha k + \beta k_1 + \gamma k_2}{100} = K_1$$

genannt wird,

$$W = M(K + K_1 t)$$

mithin:

$$K = 172{,}624,\ K_1 = 0{,}085315,$$

[...]so bei Annahme von 60° warmem Winde:

$$[...] = \frac{4500(172{,}624 + 0{,}085315 . 60)}{18} - 25000 = 19436 \text{ Wärmeeinh.},$$

[...]nnahme von 20° warmem Winde dagegen:

$$W[...] = \frac{4500(172{,}624 + 0{,}085315 . 20)}{15{,}03} - 25000 = 27195 \text{ Wärmeeinh.},$$

we[...]it 25000 Wärmeeinheiten der durch Strahlung und Leitung entstan[...] Verlust in der Zeiteinheit angenommen wird.

[...] der Abkühlung des Windes nimmt der Feuchtigkeitsgehalt ab, wenn [...] Sättigungsgrad überschritten wird, was um so eher geschieht, je me[...]ie Luft vorher der Sättigung durch Wasserdampf nahe war.

W[...] die Dichtigkeit der Luft bei 0° C. und 1 Atmosph. $= \delta$, das specifis[...] Gewicht des Wasserdampfes (Luft $= 1$) $= \varepsilon$ gesetzt, so enthält ein [...]h Abkühlung erhaltenes aus dem ursprünglichen Luftvolumen V_0 erha[...]s Luftvolumen:

$$V_2 = \frac{V_0 p_0 (1 + \alpha t_2)}{p_2 (1 + \alpha t_0)} \text{ Wasserdampf.}$$

Ist μ [...]r relative Feuchtigkeitsgehalt, S_0 die Spannung des gesättigten D[...]pfes bei t_0 Grad, so ist die Menge des condensirten Dampfes gleich:

$$\frac{V_0 \varepsilon . \delta}{1 + \alpha t_0} \left(\mu S_0 - \frac{p_0}{p_2} \cdot S_2\right).$$

Dass selb[...]eringe Mengen Wasserdampf einen erheblichen Einfluss äussern, ergie[...]e folgende Betrachtung:

Ein Kilog[...]m Dampf von 60° C. (Temperatur des Windes) auf 1000° C. zu er[...]n, erfordert:

$$([...]0 - 60) . 0{,}4805 = 452 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

Die Zersetzu[...] $\frac{29638^{1)}}{9} = 3293$ „

Erhitzung des [W]asserstoffs auf

$1400° = \frac{1}{9} (14[...] - 1000)\ 3^{2)} = 133$ „

Zusammen: 3878 Wärmeeinheiten.

[1]) Verbrennungswä[...]e des Wasserstoffs zu Wasserdampf nach neuerer Annahme = 29638 Wärm[...]inheiten. — [2]) Mittelwerth für constanten Druck und constantes Volumen = [...]

Dagegen werden von $^8/_9$ kg Sauerstoff [1])
erzeugt
$$\frac{8}{9}\,2584{,}6 = 2297 \text{ Wärmeeinheiten}$$
Es bleibt Verlust von 3878 — 2297 = 1581 Wärmeeinheiten..

Die erhebliche Menge des Wasserdampfes, welche bei dem Bessemerprocesse thatsächlich mit der Luft eingeführt wird, ergiebt folgende Betrachtung: Der durchschnittliche Gehalt der Luft an Wasserdampf ist 0,8 Volumproc. [2]), eine Birne erhält 150 bis 200 cbm Luft pro Minute oder 370 bis 400 cbm pro Tonne Roheisen (Rheinische Stahlwerke 374, Wittkowitz 380 cbm), also bei 10 Tonnen oder 20 Minuten Blasezeit bis 4000 × 0,8 = 3200 cbm Wasserdampf.

Einblasen von festen Substanzen mit dem Winde.

Ueber die Unzweckmässigkeit des Einblasens wärmegebender Substanzen, wie Kohle (in Form von Steinkohlen-, Koks-, Holzkohlenstaub), zerstäubter Kohlenwasserstoffe (Petroleum, Theer), Kohlenoxyd u. s. w. ist bereits früher [3]) die Rede gewesen. Es bedarf hier nur der Erwähnung, dass die gleichen Versuche mit gleichem Misserfolge auch beim basischen Processe wiederholt worden sind.

Ebensowenig haben sich hier aber auch andere pulverförmige Substanzen bewährt, welche die stückförmigen basischen Zuschläge ersetzen oder zur Verflüssigung der Schlacke beitragen sollten, wie gepulverter Kalkstein, Dolomit, Magnesia im rohen oder gebrannten Zustande, Flussspat, Soda und alle möglichen Alkalisalze und Manganverbindungen.

Man glaubte durch ihre Anwendung das Nachblasen vermeiden zu können, fand aber den Nutzen um so geringer, je feiner das Pulver war, weil das letztere mit dem Stickstoff der Luft, der in Blasenform durch das Eisenbad wandert, einfach wieder aus der Birnenmündung hinausgeschleudert wurde.

---

[1]) Gehalt in 1 kg Wasser. — [2]) Vergl. Abthl. II, S. 78. — [3]) Abthl. III, S. 448.

FÜNFTER ABSCHNITT.

PRAKTISCHE AUSFÜHRUNG

DES

BASISCHEN BESSEMERPROCESSES.

Nach Fertigstellung einer neuen Birne wird der Losboden eingesetzt, dessen Verbindung mit dem Birnenkörper besser durch Keile als durch Schrauben geschieht. Hierauf kommt, je nach der Benutzung eines der S. 102 u. f beschriebenen Verfahren, entweder lediglich der der Regel nach zu heller Rothglut, jedenfalls aber stark erhitzte Zuschlagskalk in seiner ganzen Menge in die Birne, welche zu diesem Zwecke entweder gekippt ist oder aufrecht stehen bleibt, und darauf sogleich das flüssige Roheisen, oder aber es wird der Zuschlagskalk mit Brennmaterial vermischt eingefüllt, letzteres durch schwaches Blasen verbrannt und dann das flüssige Roheisen eingeleitet, oder es wird endlich die Birne für sich allein durch Verbrennung von Koks erhitzt, die Asche ausgeblasen, der heisse oder angewärmte Zuschlag eingefüllt und das Roheisen darauf gelassen. Die letztere Operation geschieht stets nach Niederlegung der Birne und zwar entweder direct aus der Wägepfanne, was das Richtigste ist, oder aus dem Kupolofen durch ein Gerinne, oder aus einem Sumpfe, in den der fahrbare Kupolofenherd (Neunkirchen), oder die das flüssige Roheisen vom Hochofen herbeiführende Pfanne (Hayingen) entleert worden ist.

Hiernach wird die Birne vertical gestellt und das Blasen beginnt. In kurzer Zeit, spätestens nach zwei Minuten, stellt sich das gewöhnliche, aber stets mit deutlichen Calcium- und Magnesiumlinien versehene Spectrum ein. Der weitere Verlauf ist so verschieden wie beim sauren Processe oder vielmehr ebenso abhängig von der Beschaffenheit und dem Hitzgrade des Roheisens, der Windpressung, der Windmenge und anderen Dingen.

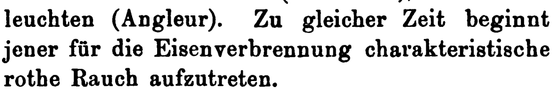
Im Allgemeinen zeigt die erste Periode des basischen Processes im Vergleiche zum sauren Processe ein stärkeres, von ausgeworfenen Kalktheilchen herrührendes Funkensprühen, die zweite ein lebhafteres Kochen, welches auch in der dritten Periode fortdauert. Am Schlusse der dritten Periode wird wie beim sauren Processe die Flamme kurz und die sogenannten Kohlenstofflinien, in Wirklichkeit Manganlinien [1]), im grünen Felde verschwinden, die Natriumlinie blinkt nur hin und wieder noch auf, die Lithiumlinien dagegen bleiben der Regel nach noch bestehen.

---

[1]) Vergl. Schmiedbares Eisen, Abth. III, S. 421.

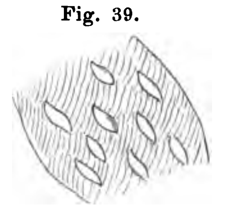
Nun beginnt das Nachblasen. Zuweilen (z. B. in Creusot) wird vor Beginn des Nachblasens nochmals Kalk (5 bis 6 Proc. des Roheisens) im glühenden Zustande eingesetzt, und zwar der Regel nach mit Unterbrechung des Blasens. Hierbei sind Spectralerscheinungen besonderer Art durchaus **nicht** zu constatiren. Die Flamme indessen zeigt einige besondere Eigenthümlichkeiten. Sie wird nach dem Verschwinden des Spectrums wieder leuchtender. Ist die Entphosphorung vollendet, so zeigt sie ein Aussehen, welches an den Bruch eines grobfaserigen Gneisses erinnert, und welches in Fig. 39 verdeutlicht ist.

Es treten linsenförmige Flecken in der Flamme auf, welche bald dunkler als die umgebende Flamme erscheinen (Rotheerde), bald heller

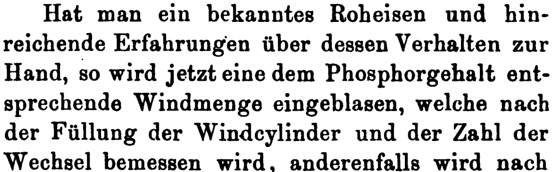


leuchten (Angleur). Zu gleicher Zeit beginnt jener für die Eisenverbrennung charakteristische rothe Rauch aufzutreten.

Fig. 39.



Flamme b. Nachblasen.



Hat man ein bekanntes Roheisen und hinreichende Erfahrungen über dessen Verhalten zur Hand, so wird jetzt eine dem Phosphorgehalt entsprechende Windmenge eingeblasen, welche nach der Füllung der Windcylinder und der Zahl der Wechsel bemessen wird, anderenfalls wird nach einiger Zeit die Birne gekippt und eine Schöpfprobe genommen [1]), diese unter dem Dampfhammer, besser unter einem besonderen kleinen Prägewerk plattgedrückt und gebrochen. Nach den äusseren Erscheinungen, welche sich zeigen, wird der Process entweder geschlossen, oder das Blasen bis zu einer zweiten, bezw. dritten Probenahme fortgesetzt.

Vollendet ist die Entphosphorung, wenn erstens der Metallkönig beim Ausplatten zu einer Scheibe keine Kantenrisse zeigt, und wenn zweitens auf dem Bruche ein gleichmässig **mattseideglänzendes**, aber kein **krystallinisches diamantglänzendes** Korn sich zeigt. Die geringsten, meist dann in der Mitte des Bruches auftretenden Spuren des letzteren sind für ein einigermaassen geübtes Auge ohne jede Schwierigkeit erkennbar.

Ist die Entphosphorung beendet, so wird der Regel nach die Schlacke nunmehr abgegossen und das Spiegeleisen im geschmolzenen Zustande, das Ferromangan im glühenden Zustande in die Birne gefüllt. Jedoch kommen hierbei in der Praxis alle S. 98 und 99 beschriebenen Modificationen zur Anwendung, d. h. die Schlacke wird bald nur durch Kalk angesteift, nicht abgegossen, bald erfolgt der Spiegel- und Ferromanganzusatz nach Abguss der Schlacke in der Birne, bald in der Giesspfanne durch gleichzeitigen oder getheilten Einsatz, wobei in den beiden letzteren Fällen in Folge des Aufwallens die Schlacke, wenn sie nicht vorher ganz abgegossen war, über den Rand der Giesspfanne fliesst.

Nachdem alles Metall aus der Birne entfernt ist, wird die letztere

[1]) Abthl. III, S. 398.

ganz umgekippt und die Reste von Schlacke werden durch Wind hinausgeblasen; darauf kommt die Birne in solche Stellung, dass der Boden und das Futter gut übersehen werden können; es erfolgen die nöthigen Reparaturen des Futters mit Theerkalk [1]), die Auswechselung der beschädigten Formen [2]) oder die Auswechselung des ganzen Bodens, wozu etwa $^3/_4$ Stunden erforderlich sind; darauf beginnt die Operation von vorn. Die Schlacke wird der Regel nach rückwärts unter der Kupolofensohle fortgeschafft, das Flusseisen dagegen sogleich vergossen.

Dauer des Processes.

Die Dauer des basischen Processes ist der Regel nach geringer als die des sauren. Sie beträgt zwischen 13 und 25 Minuten, im Durchschnitt 18 Minuten.

Von diesen 18 Minuten kommen gewöhnlich 2 Minuten auf die Feinperiode, 11 Minuten auf die Roh- und Gasfrischperioden, 5 Minuten auf das Nachblasen. Rechnet man für das Zuschlagsetzen 5, für das Roheisenfüllen 5, für das Spiegelsetzen 5 und für das Ausgiessen 7 Minuten, so kommen im Ganzen 40 Minuten heraus und man könnte ohne Bodenreparatur 38 Hitzen in 24 Stunden machen. Die Bodenreparaturen erfordern aber so viel Zeit, dass selten mehr als 30, der Regel nach 20 bis 24, oft nur 14 bis 15 Hitzen in 24 Stunden ausgeführt werden können.

Das Ansetzen eines fertigen Losbodens beansprucht der Regel nach 45 Minuten.

Fassungsraum der Birne.

Ehe der basische Process eingeführt wurde, hatte man die zweckmässigste Grösse der Birnen für einen Fassungsraum von 10 Tonnen Roheisen gefunden. Beim basischen Processe musste man beim Gebrauch derselben Gefässe den Einsatz wesentlich beschränken und ihn auf 5,6 bis 6 Tonnen herabmindern. Neue Anlagen hat man dagegen so gross gemacht, dass wie zu Peine [3]) jede Birne 9, ja 10 Tonnen Roheisen fassen kann, und hat damit einen sehr guten Erfolg gehabt. Die Birnen in Middlesborough sind auf 15 Tonnen Fassungsraum berechnet.

Abbrand.

Der Abbrand wechselt selbstverständlich nach dem Gehalte des Eisens an abzuscheidenden Substanzen, namentlich an Silicium, Mangan,

---

1) Siehe S. 59. — 2) Siehe S. 25. — 3) Vergleiche S. 25.

Phosphor und Kohlenstoff. Im Uebrigen ist er abhängig von der grösseren oder geringeren Menge oxydirten Eisens, welches in die Schlacke geht [1]).

Im Durchschnitt ist der Abbrand jetzt 14, oft noch 17 bis 18 Proc. des Roheisens; er wechselt aber zwischen 11 bis 19 Proc. [2]).

Der Abbrand im Kupolofen, welcher in diesen Zahlen einbegriffen ist, beträgt der Regel nach 3 Proc.

Giessvorrichtungen.

Die Giessvorrichtungen sind im Allgemeinen wenig von denjenigen für den sauren Process verschieden [3]).

Die Giesspfanne hängt der Regel nach an einem hydraulischen Krahne, der sich um die Centralaxe der kreis- oder kreisbogenförmigen Giessgrube dreht, oder sie wird von einer Locomotive zur Giesshütte befördert. Die Giesspfanne, wie sie zu Peine gebräuchlich und nach dortigem Muster zu Friedenshütte gebaut ist, findet sich in Fig. 40 abgebildet. Das Futter und die Bekleidung des Stopfenträgers ist nicht gezeichnet.

Der Regel nach hat man mehrere Giesspfannen zum Wechsel vorräthig, jedoch genügt bei ordentlicher Behandlung eine Giesspfanne oft (Teplitz) für 120 und selbst 200 Hitzen. Ist der Guss vollendet, so wird die Giesspfanne im Inneren mit Wasser gekühlt, der Regel nach durch Aufspritzen feiner Strahlen, in Teplitz aber nach Verschluss des Giessloches mit Thon durch vollständige Füllung mit Wasser. Ist die Giesspfanne hinreichend abgekühlt, so kommt ein neuer Giesslocheinsatz (Lochfutter) hinein und dann wird die auch sonst noch ausgebesserte Pfanne wieder getrocknet, sei es durch Gase, sei es durch Koks oder Braunkohlenfeuer.

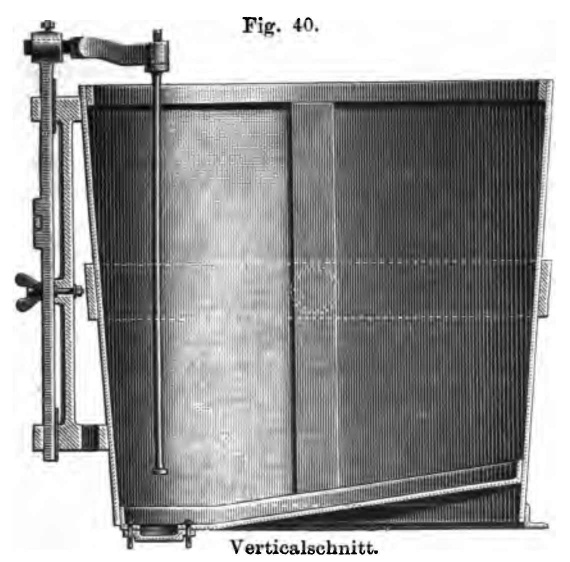
Einige Eigenthümlichkeiten beim Giessen selbst, welche allerdings ebenso gut beim sauren Processe Anwendung finden können, aber für den basischen Process eingeführt worden sind, sollen im Folgenden beschrieben werden.

Giesstrichter. Zur Erzielung eines gleichmässigen Gusses wird der Giesspfanne ein Trichter angehängt, welcher vermittelst einer Kette oder eines Hakens befestigt, mittelst eines langen Stiels geführt wird und ziemlich genau an die Mündung der Form anschliesst. Man leitet den Ausfluss der Pfanne so, dass dieser Trichter stets annähernd gleich voll gehalten wird, dass daher das Flusseisen mit ununterbrochenem Strahl und gleicher Druckhöhe in die Form gelangt.

Verhinderung des Steigens. Eine weitere Besonderheit ist das Aufsetzen unten convexer Eisenklötze, welche nicht ganz dicht an die Wandungen anschliessen, das Flusseisen in einer dünnen Schicht an den

[1]) Auf 1000 kg Güsse rechnet man der Regel nach 400 bis 500 kg Schlacke. — [2]) Vgl. auch Iron and Steel 1881, II. — [3]) Abthl. III, S. 355.

Fig. 40.



Verticalschnitt.



Obere Ansicht.

Giesspfanne zu Peine (ohne Futter).
Maassstab = 1 : 25.

Wandungen aufsteigen lassen und zum Dichtwerden der Gussköpfe wesentlich beitragen sollen. Sie werden wie die sonst üblichen Eisenplättchen mit Sand bedeckt [1]).

Von den sonstigen Mitteln zur Pressung des Flusseisens möge hier noch der Kohlensäure [2]) gedacht werden, welche Fr. Krupp in Essen vorgeschlagen hat.

Um Blöcke von genau bestimmtem Gewichte zu giessen, wird mit Vortheil in Kladno eine Wägevorrichtung angewendet, welche in Fig. 40 bis 46 abgebildet ist.

In der Patentschrift Nr. 10828, welche die von Moro in Kladno erfundene Vorrichtung beschreibt, wird darüber das Folgende mitgetheilt:

„Die Wägevorrichtung beruht darauf, dass jede Gussform (Schale, Coquille), in welche Flusseisen gegossen werden soll, während des Eingiessens des flüssigen Metalles mit einem Messapparat in Verbindung steht, welcher während des Giessens verlässlich erkennen lässt, wenn ein bestimmtes Gewicht des flüssigen Metalles in die Form eingeflossen ist. Dieser Messapparat wird vor oder während des Giessens mit der Form in Verbindung gebracht, so dass dieselbe während des Giessens nur auf dem Messapparat aufruht, welcher im bestimmten Moment das Gewicht des bereits eingegossenen Metalles anzeigt. Unmittelbar nach vollendetem Giessen wird der Messapparat entfernt und unter eine andere Form gebracht. Ausserdem muss der ganze Messapparat im Falle einer Gefahr, z. B. beim Durchschmelzen der Bodenplatte der Gussform oder Gusspfanne, bei undichtem Verschluss der letzteren u. s. w. sofort entfernt werden können, da sonst in allen diesen Fällen die Zerstörung des Messapparates durch das darauf fliessende Metall erfolgen würde.“

Das Wesentliche der Wägevorrichtung besteht in Folgendem:

1. Die Wägevorrichtung kann gegen die Formen vorgeschoben und zurückgezogen werden; sie wird vorgeschoben, wenn ein Gussblock abgewogen werden soll und zurückgezogen nach vollendeter Abwägung oder im Falle einer Gefahr für den Apparat.

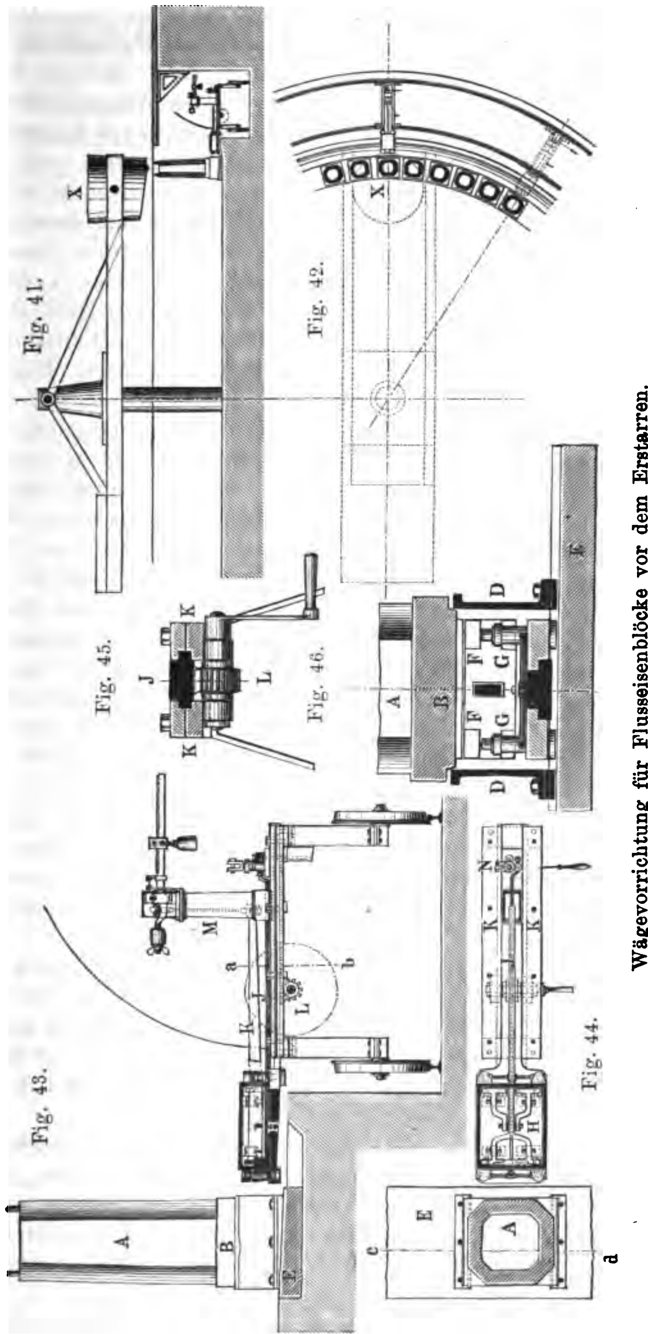
2. Die Wagebalken können durch eine eigene Vorrichtung gehoben werden; dadurch wird auch die Form vertical gehoben und ruht nun auf dem Wagebalken allein auf.

3. Die ganze Wägevorrichtung ist, wenn die Formen in der Dammgrube fest stehen, auf einem Geleise fahrbar, so dass dieselbe vor jeder Form richtig aufgestellt werden und das Einschieben der Wagebalken an der richtigen Stelle während des Giessens allmählich und leicht geschehen kann.

Fig. 41 und 42 geben eine Disposition der Anlage in Ansicht und Grundriss. Fig. 43 und 44 zeigen die Wage in Vertical- und Horizontalschnitt, Fig. 45 und Fig. 46 sind Schnitte nach *ab* und *cd* der vorigen Figuren.

---

[1]) Abthl. III, S. 683, vergl. auch Siemens, Patent 12037. — [2]) Vergl. Ledebur, Eisenhüttenk. III, S. 822.



Wägevorrichtung für Flusseisenblöcke vor dem Erstarren.

Die Gussformen *A* stehen wie gewöhnlich auf den Bodenplatten *B* und diese auf den U-Eisen *D*, welche letztere auf einer für mehrere Formen gemeinschaftlichen Grundplatte *E* verschraubt sind. Dadurch ist unter den Formen genügender Raum zur Einführung der Wägevorrichtung geschaffen. Die letztere besteht aus einer Hebelwage, deren Rahmen *F* auf vier Plungerkolben *G* ruht. Die Cylinder der letzteren sind auf der Eintrageschaufel *H* befestigt. Den Stiel dieser Schaufel bildet eine Zahnstange *J*, die im fahrbaren Rahmen *K* geführt wird und durch ein Getriebe *L* vor- und zurückbewegt werden kann. Am Rücken dieser Zahnstange sind der Ständer *M* der Wage und eine kleine hydraulische Pumpe *N* festgeschraubt. Das Druckrohr der letzteren steht durch ein Rohr in Verbindung mit den vorerwähnten vier kleinen Cylindern *G*.

Das Wägen wird nun in folgender Weise ausgeführt. Die Formen stehen in Bessemerwerken meist in einem Kreisbogen, der von dem Gussloch oder der Gusspfanne *X* beschrieben wird, in einzelnen Werken auch in einer geraden Linie, wenn die Gusspfanne nicht in einem Gusskrahn hängt, sondern auf einem Wagen fortbewegt wird. Der Wägeapparat bleibt für beide Fälle gleich, er bewegt sich im ersten Falle auf einem Bogengeleise, im letzteren auf einem geraden Geleise. Während der Arbeit des Blasens wird die Wage der Reihe nach vor die Formen gebracht, mittelst Getriebe und Zahnstange (hier durch zwei Umdrehungen der Kurbel) unter die Form geschoben, wobei die schräge Unterfläche der Eintrageschaufel *H* auf die schräge Oberfläche der Grundplatte *E* sich auflegt. Durch drei Kolbenhübe der Pumpe *N* wird die Wage sammt Form in die Schwebe gebracht, Fig. 46, wobei sich der konische Ansatz am Boden leicht abhebt und die Höhe des Hubes durch Ansätze am Wägerahmen begrenzt wird.

Zuerst werden also die leeren Formen gewogen. Nach jedesmaligem Wägen wird das Auslassventil der Pumpe geöffnet und das Druckwasser läuft in ein kleines Bassin zurück, die Wage wird nun herausgezogen und zur nächsten Form vorbewegt. Diese Operation des Vorwägens der Formen dauert etwa fünf Minuten.

Nun wird zu den früher erhaltenen Gewichten der leeren Formen das verlangte Gewicht des zu giessenden Blockes addirt. Mittlerweile ist die Hitze fertig und kommt zum Gusse. Das Laufgewicht am Wägehebel wird auf das entsprechende Totalgewicht eingestellt und nun wird die Form mit Flusseisen gefüllt, bis der Hebel sich hebt und die Wägezunge sich einstellt.

Bei diesem Apparate wird durch das Wägen der Guss nicht verzögert, da in der zweiten Form bereits gegossen werden kann, wenn die Wage sich noch unter der ersten Form befindet. Es ist früh genug, wenn sich die Wage gegen Ende des Gusses unter die zweite Form stellt, da das Einführen und Lüften der Wage den Guss nicht ändert, also gleichzeitig geschehen kann.

Sollte ein Unfall passiren, der flüssige Stahl z. B. durch die Unter-

lageplatte dringen (durchschmelzen) oder der Stöpsel in der Gusspfanne nicht schliessen, so ist der Wägapparat zu entfernen und in Sicherheit zu bringen. Ein geringes Herumspritzen von flüssigem Eisen schadet nichts, da die Wage vollständig geschlossen ist und Wage und Wäger durch ein Schutzblech gedeckt sind. Alle Theile der Wage sind leicht zugänglich und übersichtlich, und der beanspruchte Raum ist gering.

Kräne.

Die Anwendung des gepressten Wassers hat sich bei allen Bewegungsmechanismen der Bessemerwerke so eingebürgert, dass Dampf nur ausnahmsweise zur Anwendung gelangt.

Man sammelt das Wasser in Accumulatoren, welche früher 10, dann 12 bis 18, jetzt 25 bis 30 Atmosphärendruck haben [1]).

Von diesen aus versorgt man auch die Kräne, welche um die Giessgrube herumstehen.

Die Bedingungen für den Mittelkran, welchen die Giesspfanne trägt, sind [2]): Leichtigkeit im Drehen und Sicherheit in der Arretirung der Giesspfanne über der Form.

Da die Leichtigkeit der Drehung mit der Ausladung abnimmt, so ist letztere der Regel nach wohl selten grösser als 5 m [3]). Da indessen dieser Kran nur für jede Hitze zwei, höchstens drei Hübe zu machen hat, so kommt der Wasserverbrauch in keinem Falle sehr in Betracht.

Es hat sich für vortheilhafter herausgestellt, die Giesserei von der Bessemerei zu trennen. Zu diesem Zwecke hat man in Bochum einen Mittelkran angelegt, welcher die Giesspfanne auf einen Wagen absetzt, mittelst dessen sie zu den beiden radialen Giessgruben gefahren wird [4]). In North Eastern Steel Works bei Middlesborough werden zwei Birnen durch eine Giesspfanne bedient, welche ihren flüssigen Inhalt zuvörderst in eine zweite Giesspfanne umschüttet, welche letztere die in einer 18,3 m im Durchmesser weiten Giessgrube befindlichen Formen füllt. In Rhymney fährt ein Wagen die Giesspfanne zu einem Centralgiesskran.

In Hörde hat man die geradlinige Giessgrube seitwärts, wie es bei Flusseisenflammöfen üblich ist, angelegt [5]).

Eine vollkommene Trennung wurde zuerst in Peine durchgeführt und ist in gleicher Weise für Friedenshütte und Königshütte in Oberschlesien in Aussicht genommen.

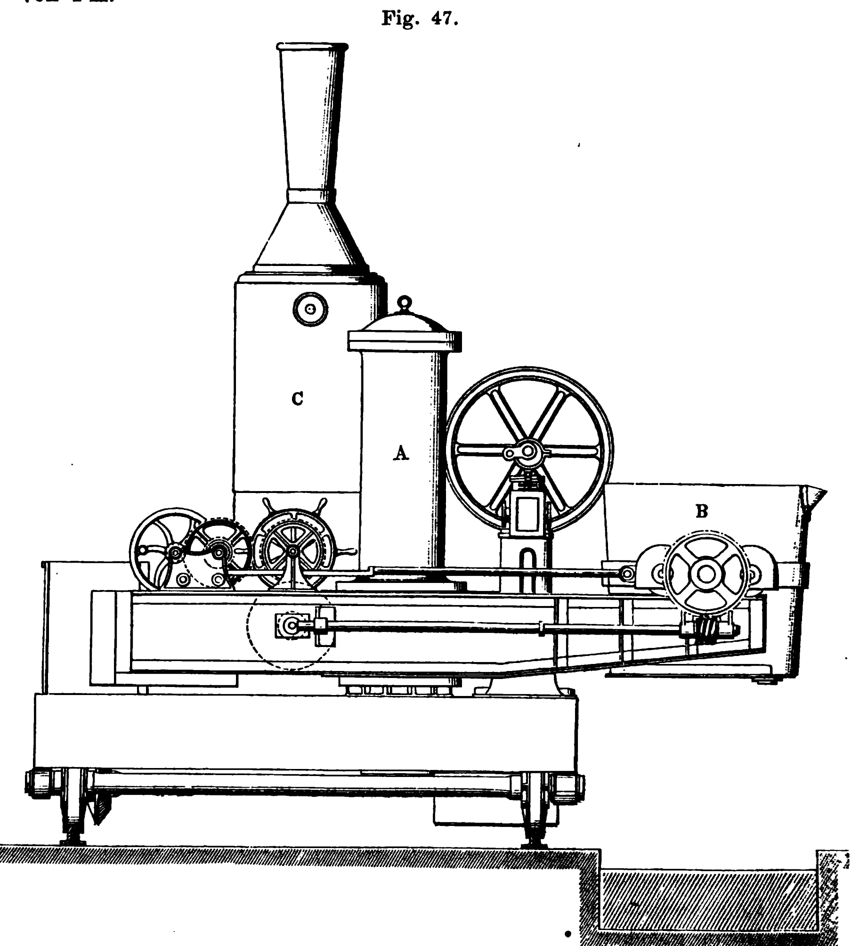
Hier steht der Giesskran, wie Fig. 47 (a. f. S.) und 48 (S. 129) zeigen [6]),

---

[1]) Vgl. Daelen, Die Hydraulik in den Bessemerstahlwerken, Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1880, II, S. 239. Ein Accumulator von 15000 kg Gewicht braucht 6,18 cbm Wasser. — [2]) Nach R. M. Daelen, Ueber Bessemerkrahne, Stahl und Eisen, 1883, S. 667. — [3]) Ausnahmsweise 7 m. — [4]) Vergl. Glaser's Annalen 1881, I, S. 388 und 411. — [5]) Vergl. Abth. III, S. 540. — [6]) Vergl. Neuer Giesskrahn für Bessemerhütte, ausgeführt von der Märkischen Maschinenbauanstalt, Eisen und Stahl, 2. Jahrg., Heft 9.

auf einem sechsräderigen Wagen. Der Cylinder A des hydraulischen Kranes ist beweglich, der Plunger steht fest. Die durch ein Gegengewicht abbalancirte Pfanne B (für 10 Tonnen Flusseisengewicht) ist auf 1 m verschiebbar. Der Krahn hat eine Ausladung von 2,25 m, eine Hubhöhe von 1 m.

Fig. 47.



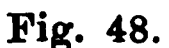
Giesswagen zu Peine. — Ansicht.

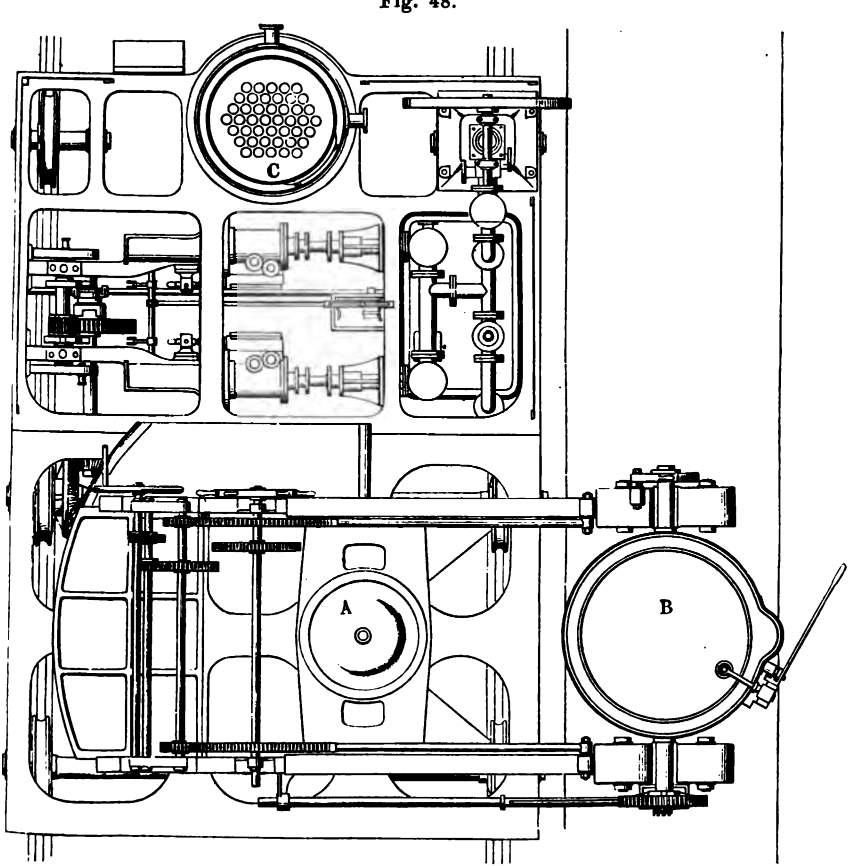
Neben dieser die eine Hälfte des Wagens einnehmenden Giesspfannenvorrichtung befindet sich der für 10 Pferdestärken und 6 Atmosphären Ueberdruck berechnete verticale Röhrenkessel C.

Der die Giesspfanne tragende hydraulische Kran lässt sich vermittelst Kette drehen.

Der Wagen selbst wird durch Dampf bewegt und von der Birnen-

in die Giesshütte gefahren. Das Kippen sowohl, als das Vorschieben und Zurückziehen der Giesspfanne geschieht durch Dampf oder von Hand.


Fig. 48.



Giesspfanne zu Peine. — Grundriss.

Es würde sich mehr empfehlen auch diese Bewegungen durch genauer arbeitende hydraulische Vorrichtungen ausführen zu lassen [1]).

Ausser dem Krane, welcher die Giesspfanne trägt und, wie angeführt, entweder in der Mitte der Giessgrube, oder aber auf einem fahrbaren Gestelle steht, werden hydraulische Blockkräne zum Einsetzen der Schalenformen, zum Ausheben derselben und der Blöcke und zum Verladen der letzteren oder Einsetzen in die Ausgleichkammern benutzt

[1]) Vergl. Verh. d. Vereins zur Beförderung des Gewerbfl. 1883, Sitzungsberichte, S. 338.

Bei diesen kommt **viel mehr** als beim Hauptkrane der Wasserverbrauch in Betracht, da sie in 24 Stunden 1000 bis 2000 Hübe aus-

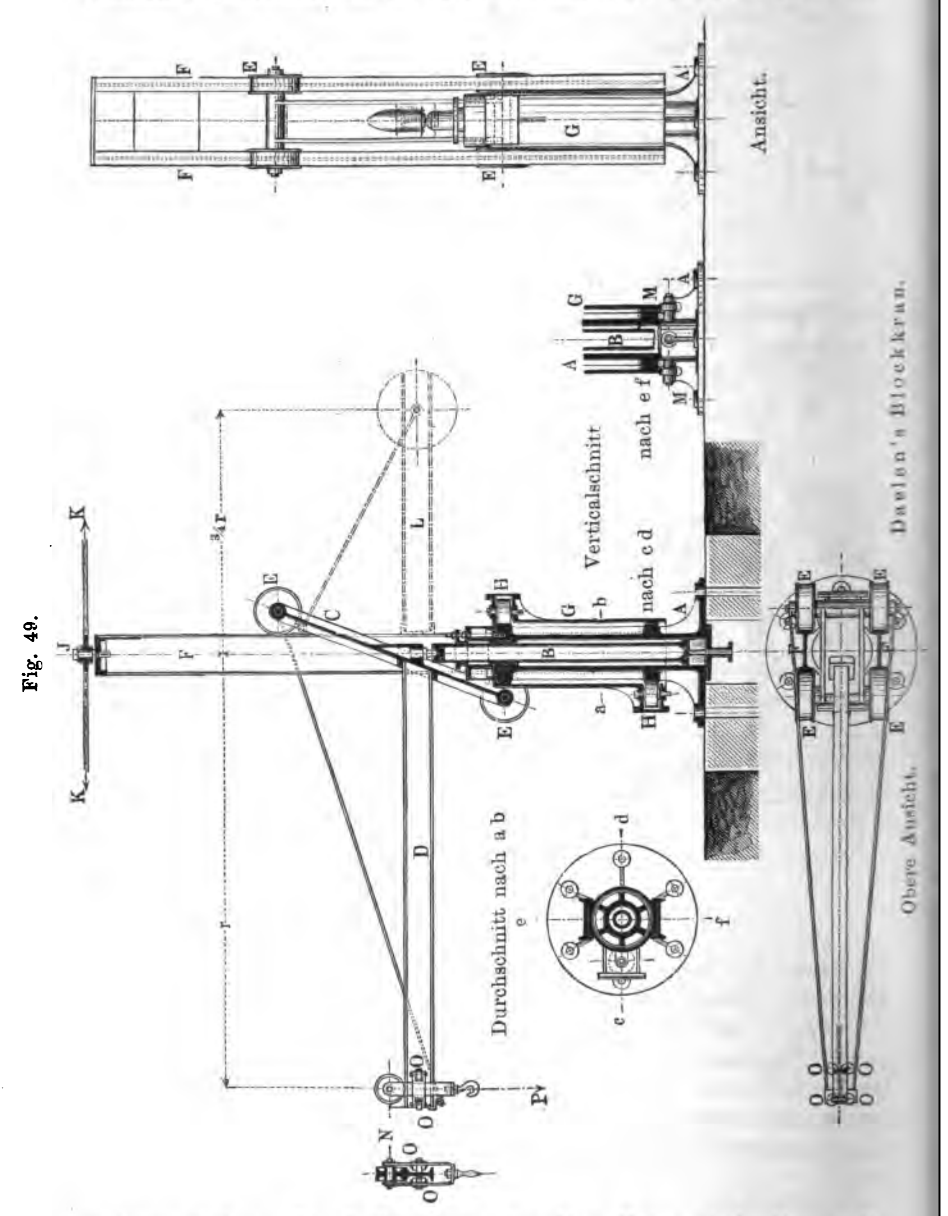


Fig. 49.

zuführen haben. Die Bedingungen für diese Kräne sind: Grosse Geschwindigkeit der auf- und niedergehenden Bewegung, Leichtigkeit des

Drehens, sparsamer Wasserverbrauch, Einfachheit und Solidität. Um diese Bedingungen zu erfüllen muss (nach Daelen) folgende Construction gewählt werden:

1. Die Kolbenfläche, auf welche der hydraulische Druck wirkt, muss der zu hebenden Last proportional und unabhängig von der Festigkeit der Säule, welche die Arbeit auf das Fundament überträgt,

2. Die zu hebende todte Last muss gering,

3. Die Stopfbüchsen müssen oberirdisch angeordnet und nach oben zu öffnen sein.

4. Die Seitenreibung ist durch geeignete Einrichtungen zu vermindern.

Nach Daelen's Ansicht entspricht diesen Constructionsbedingungen am besten der amerikanische Kran, dessen Plunger einen zweiten Stützpunkt am Dachgebälk findet. Allerdings erfordert diese Anordnung eine hinreichend feste Gebäude- und Dachconstruction.

Daelen hat sich die Aufgabe gestellt, den zweiten Stützpunkt zu schaffen, ohne das Dach in Anspruch zu nehmen. Der Cylinder *A* (Fig. 49) ist mit dem Fundament fest verbunden. Der Plunger *B* trägt die Traverse *C* mit dem Ausleger *D* und den vier Rollen *E*, welche auf den Flanschen des Trägers *F* laufen. Letztere sind an der Haube *G* befestigt, welche auf dem Cylinder *A* ruht und durch Vermittelung der Distanzrollen *H* leicht um denselben drehbar ist.

Die Träger *F* sind oben durch einen Deckel verbunden, der den Zapfen *I* trägt, welcher durch die Zugstangen *K* mit den Wänden des Gebäudes verbunden ist.

Daelen hebt hervor, dass der Plunger nicht auf relative Festigkeit in Anspruch genommen, die todte Last gering, die seitliche Reibung zwischen Plunger und Cylinder aufgehoben und die Verbindung der Kransäule mit dem Gebäude ohne Verstärkung der Dachconstruction hergestellt werde [1]).

Behandlung der fertigen Blöcke.

Die Gussblöcke werden wie beim sauren Processe aus den eisernen Formen, welche zur leichteren Lösung vor dem Gusse mit Paraffin, Graphit- oder Kalkbrei ausgepinselt oder angeblakt worden waren, entfernt und dann der Regel nach in einem Rollofen [2]) von aussen wieder erhitzt, um bei gleichmässiger Wärme im ganzen Querschnitte ausgewalzt zu werden. Diese Rollöfen, welche bald mit Gas-, bald mit directer Feuerung betrieben werden, erhalten eine der Production des Walzwerkes entsprechende, oft sehr beträchtliche Grösse. So hat z. B. jeder Rollofen in

[1]) Vergl. über Bessemerkräne auch die Aufsätze in Stahl und Eisen 1883, S. 670, 671 u. 673. — [2]) Vergl. Schmiedb. Eisen, S. 711 u. 824.

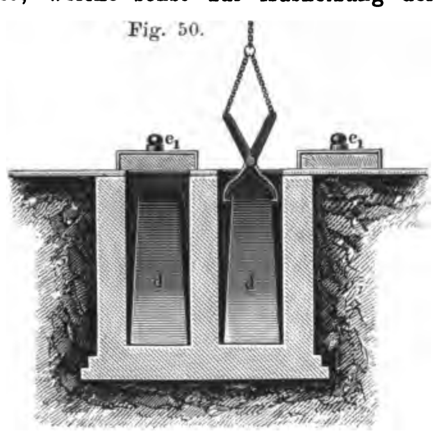
Kladno, der mit zwei neben einander liegenden Treppenrosten für Steinkohlenfeuerung versehen ist, Raum für 80 Blöcke, welche in zwei Reihen neben einander eingesetzt werden und je 10 Stunden im Ofen verbleiben.

Um die ursprüngliche Wärme möglichst wenig verloren gehen zu lassen, hatte man in Nordamerika schon früher die heissen Blöcke auf Wagen gepackt, mit einer Sandschicht oder einem anderen schlechten Wärmeleiter bedeckt und sogleich zum Walzwerk gefahren. Ungleichheiten in den Temperaturen der äusseren Rinde und des inneren Kernes waren indessen auch hierbei nicht zu vermeiden.

Es war deshalb ein glücklicher Gedanke des Engländers Gjers, die Wärme dadurch auszugleichen, dass die an der Rinde eben erstarrten Blöcke in Gruben oder Kästen, deren Wände aus einer dicken Schicht feuerfester Steine gebildet sind, eingesetzt werden, hier zwar einen Theil der Wärme an die Wandungen abgeben, aber durch und durch eine gleichmässige Hitze erhalten. Gjers nennt diese zuerst bei Gelegenheit der Sitzungen des Iron and Steel Institute zu Wien 1882 erörterten Gruben Durchweichungsgruben (*soaking pits*). Besser ist die Bezeichung der deutschen Patente Ausgleichgruben.

Die Ausgleichgruben geben naturgemäss die Ersparnisse derjenigen Kohle, welche sonst zur Ausheizung der Blöcke im Rollofen nöthig ist, aber sie ersparen nicht die zum Betriebe des Walzwerkes nöthige Kohle. Nun wird die Abhitze der Rollöfen zum Kesselheizen benutzt und zwar etwa zu $^5/_6$ der überhaupt erzeugten Wärme zu letzterem Zwecke. Deshalb ist auch die durch die Ausgleichkammer erzielte Ersparniss keine sehr bedeutende.

Fig. 50.



Ausgleichgruben.

Zu Rotheerde z. B. braucht man auf 1000 kg Stahlblöcke 300 kg Steinkohle in den Rollöfen, wovon circa 250 allein zum Kesselheizen gebraucht werden würden, wenn keine Abhitzgase benutzt werden könnten.

Nach dem ersten Patente von John Gjers in Middlesborough (D. R.-P. Nr. 21716) ist für jeden Block eine besondere Kammer angelegt. Die Kammern *dd* (Fig. 50) liegen in einem Doppelkreise in der Nähe der Giessgrube, so dass derselbe Kran die Blöcke aus der Giessgrube entnehmen und in die Ausgleichkammern einsetzen kann. Jede Kammer hat einen besonderen mit Schamotte gefütterten Schiebedeckel, der auf der mit Eisenplatten belegten Hüttensohle gleitet (e_1).

Schon in diesem ersten Patente, welches vom 9. Mai 1882 ab läuft, hatte Gjers statt der Grube, in welche der Block gelassen wird, auch eine thönerne Kapsel vorgeschlagen, welche über den auf der Hüttensohle stehenden Block gestülpt werden sollte.

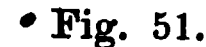
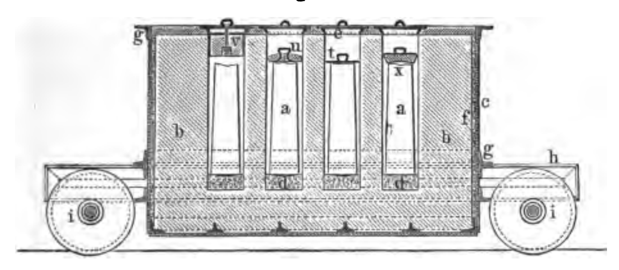


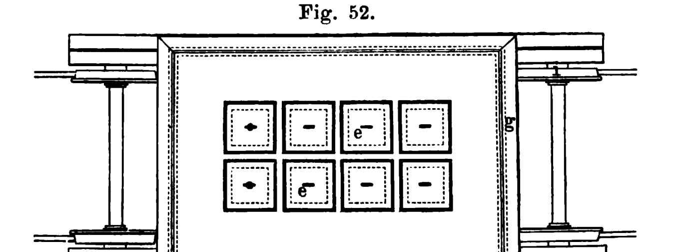
Fig. 51.



Fahrbare Ausgleichgruben (Durchschnitt).

In einem Zusatzpatente (D. R.-P. Nr. 22803) nahm Gjers horizontale Zellen, ferner fahrbare Zellen, welche in Fig. 51 und 52 (*a*, mit verschiedenen Verschlüssen *t*, *u*, *v*, *x*) abgebildet sind, endlich einen mit

Fig. 52.



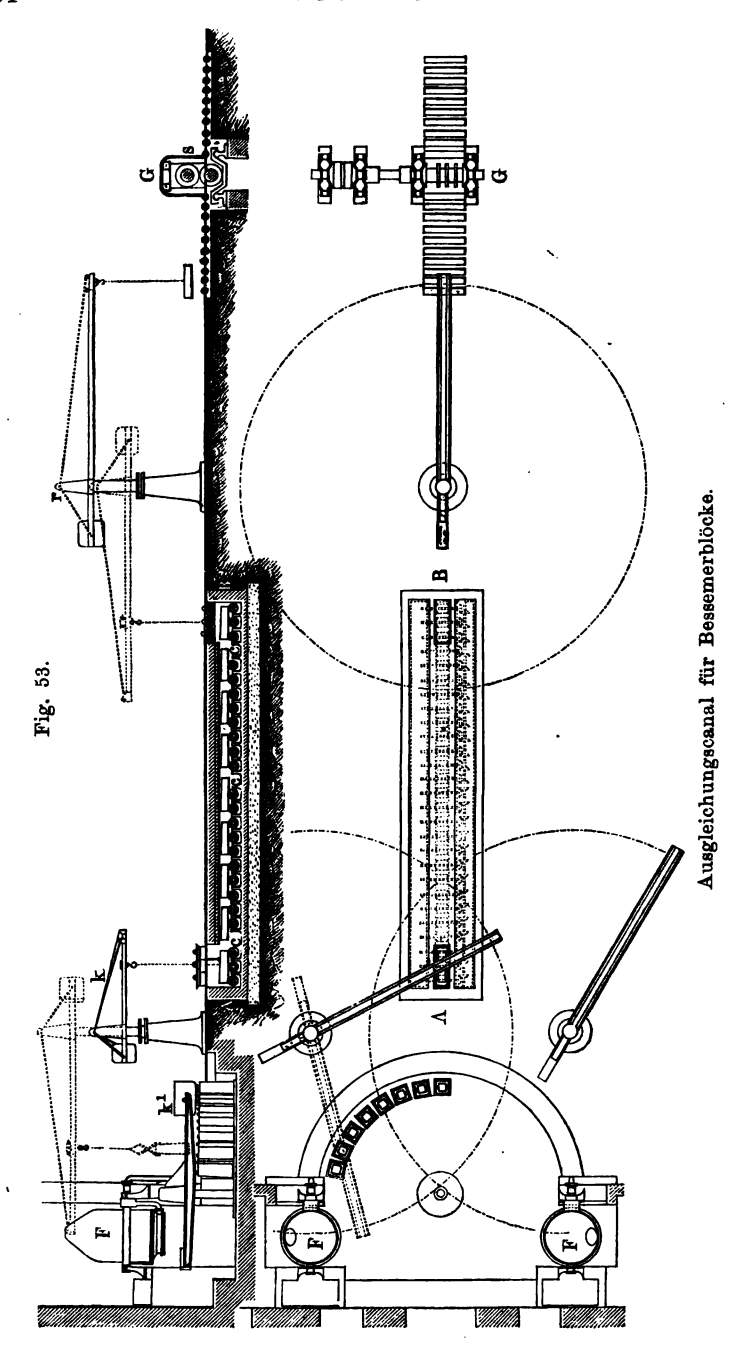
Fahrbare Ausgleichgruben (obere Ansicht).

bewegten Rollen *c*, *c* auf dem Boden ausgesetzten Canal *AB* aus feuerfesten Steinen (Fig. 53 a. f. S.)[1]] als Erfindung in Anspruch, Einrichtungen, welche alle auf denselben Zweck hinauslaufen und am Principe nichts ändern, von denen aber praktisch verwerthbar wohl nur der Wagen sein wird, welcher die fahrbaren Zellen trägt, weil damit am allerwenigsten Wärme beim Transport zum Walzwerke verloren geht. Diesen Canal hat Cooper zu Linthorpe (R.-P. Nr. 25486) zu einem vollständigen, die Giessgrube mit dem Walzwerke verbindenden gemauerten Tunnel ausgebildet.

In einem weiteren Zusatzpatente endlich zeigt Gjers, dass zur grösseren Haltbarkeit der offenbar schwer vor dem schnellen Zerspringen

[1]) In dieser Figur ist gleichzeitig die Gesammtanordnung mit Bezug auf die Lage der Bessemerbirnen *F* und des Walzwerkes *G* dargestellt.

Fig. 53.



Ausgleichungscanal für Bessemerblöcke.

der Schamottwände zu schützenden Zellen, deren Auskleidung mit einem hohlen Stahlklotze, der gleichzeitig die erste Wärme aufnimmt, vortheilhaft sei. Zum Schutze vor schneller Oxydation muss allerdings im Innern der Kammer durch Verbrennung reiner Kohle stets eine reducirende Atmosphäre erhalten werden, was die ganze Operation sehr erschwert und kaum praktisch erscheinen lässt.

Cockerill zu Seraing (R.-P. Nr. 24974) glaubte die etwa fehlende Hitze der Ausgleichkammern durch Verbrennung von Gasen, welche in die einzelnen Zellen eingeführt werden, ergänzen zu können; indessen ist in diesem Falle zweifellos der einfache Rollofen mit Gasfeuerung vorzuziehen.

Theilung des Processes.

Die Schwierigkeit, welche im Anfang die sehr grosse Schlackenmenge machte, hatte den Ingenieur Harmet in Lyon zu dem Vorschlage geführt, den basischen Process in zwei Theile zu trennen (R.-P. Nr. 8549).

Hiernach sollte das Eisen zuerst in einer mit saurem Futter versehenen Birne entkieselt und ganz oder theilweise entkohlt, dann im flüssigen Zustande in eine zweite basische Birne umgegossen, hierbei von der sauren Schlacke getrennt und endlich in der zweiten Birne entphosphort werden.

Das Verfahren schien Erfolg zu versprechen und die erste Einrichtung der basischen Hütte zu Hörde war derartig gemacht worden, dass sich die Operation leicht hätte ausführen lassen. Immerhin wäre sie wegen Zeitverlustes und Aufwand an mechanischer und Handarbeit kostspielig ausgefallen, so dass es als ein Glück angesehen werden muss, dass sich die Operation des Umgiessens überhaupt als unnöthig herausstellte.

Das Umgiessen kann entweder direct durch Ausgiessen der einen, vorher durch einen Kran gehobenen Birne in die andere, oder, was wohl bei praktischer Durchführung nöthig geworden wäre, durch Vermittelung einer Giesspfanne ausgeführt werden.

Man hatte sogar vorgeschlagen, den Process zu dreitheilen, in einer basischen Birne zu entphosphorn und in einer sauren zu entkieseln und zu entkohlen, in einer zweiten sauren Birne endlich zu desoxydiren und zu kohlen.

Schliesslich muss noch der Vorschlag erwähnt werden, zuvörderst nach dem Krupp'schen Verfahren zu entphosphoren, dann in der sauren Birne zu entkohlen, oder erst in der sauren Birne zu entkieseln und zu entkohlen und dann im Krupp'schen Apparat zu entphosphorn.

Alle diese Vorschläge sind heutigen Tages bei dem Stande des basischen Processes ebensowenig von Werth, wie die vom Verf. (Abthl. III, S. 463) vorgeschlagene Verbindung des Bessemer- und Puddelbetriebes.

SECHSTER ABSCHNITT.

DIE CHEMISCHEN UND PHYSIKALISCHEN VORGÄNGE.

I. Die chemischen Vorgänge.

Die chemischen Vorgänge bei der Entphosphorung des Roheisens in der basischen Birne sind durch zahlreiche Analysen von Proben, welche in Zwischenräumen von einigen Minuten während des Processes entnommen wurden, mit hinreichender Uebereinstimmung festgestellt worden, um ein klares Bild zu gewähren.

Die wichtigsten dieser Untersuchungen ergaben die folgenden Resultate:

1. Untersuchungen von Finkener[1]).

a. Thomashütte der Rheinischen Stahlwerke zu Ruhrort. Hitze Nr. 125.

Eisen.

Einsatz { 2500 kg Ormesby = / 3000 „ Ilsede = / 500 „ Hollrich = } Roheisen, 300 kg Spiegeleisen, 50 „ Ferromangan, 1080 „ dolomitischer Kalk.

	Si	C	P	S	Mn	Si	Cu
Mittel aus 3 Proben, genommen aus der Rinne nach dem Einfliessen von 1/6, 3/6 und 5/6 des Roheisens	1,22	3,21	2,181 2,185	0,080	1,03	0,08	0,02
Nach Blasen von 2 Min. 46 Sec. Nr. 1 .	0,72	3,30	2,148	0,047	0,71	0,07	0,02
„ „ „ 5 „ 21 „ „ 2 .	0,15	3,12	2,224	0,051	0,50	0,06	0,02
„ „ „ 8 „ 5 „ „ 3 .	0,007	2,47	2,157	0,049	0,18	0,07	0,02
„ „ „ 10 „ 45 „ „ 4 .	0,012	1,49	2,096	0,051	0,16	0,07	0,02
„ „ „ 13 „ 23 „ „ 5 .	0,005	0,75	2,053	0,051	0,14	0,07	0,02
„ „ „ 15 „ 13 „ „ 6 .	0,008	0,05	1,910	0,055	0,01	0,07	0,03
„ „ „ 19 „ 14 „ „ 7 .	0,005	0,02	0,230	0,060	0,01	0,06	0,02
„ „ „ 19 „ 31 „ „ 8 .	0,005	0,02	0,139	0,055	—	0,07	0,02
„ „ „ 19 „ 49 „ „ 9 .	0,004	—	0,087	0,056	—	0,05	0,03
Spiegel (Spiegel und Ferromangan) . . .	0,28	5,18	0,097 0,096	0,010	13,06	0,11	0,24
Flusseisen (Schienenstahl) . . . Nr. 10 .	0,01	0,26	0,148 0,142	0,045	0,48	0,06	0,03

[1]) Vergl. Mittheilungen aus den königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1883, S. 28 u. f.

Phosphorgehalt des mechanisch beigemengten Eisens aus den Schlacken der Hitze 125 Nr. 1 bis 10.

1.	2.	3.	4.	5.
2,16 Proc.	2,18 Proc.	1,72 Proc.	2,00 Proc.	1,97 Proc.
2,26 „	2,20 „	1,79 „	1,74 „	1,72 „

6.	7.	8.	9.	10.
0,53 Proc.	1,73 Proc.	0,09 Proc.	0,26 Proc.	0,23 Proc.
				0,30 „
1,30 „	3,84 „	0,14 „	0,97 „	0,92 „

Ausbringen. 5597 kg Blöcke = 88,3 Proc. des Einsatzes und 975 kg Schlacke.

Schlacken.

Die Analysen der zu derselben Hitze gehörigen Schlacken sind auf S. 141 zusammengestellt.

b. Thomashütte zu Hörde, Hitze Nr. 31.

Eisen.

Einsatz: { 2525 kg weiss Puddlings (Hörde), 905 kg grau ordinair „ ; 180 kg Spiegeleisen (Hörde), 40 kg Ferromangan „

	Si	C	P	S	Mn	Ni	Cu
Mittel aus 3 Proben, genommen aus der Rinne nach dem Einfliessen von $^1/_6$, $^3/_6$ und $^5/_6$ des Roheisens	0,56	3,12	1,398	{ 0,42 0,41	} 0,41	0,07	0,04
Nach Blasen von 5 Min. 0 Sec. Nr. 4	0,01	2,51	1,442	0,44	{ 0,18 0,17	0,08	0,04
„ „ „ 7 „ 30 „ „ 5	0,006	1,73	1,400	{ 0,44 0,42	} 0,19	0,08	0,04
„ „ „ 9 „ 0 „ „ 6	0,008	1,19	1,354	0,42	0,21	0,07	0,05
„ „ „ 12 „ 0 „ „ A	0,005	0,07	1,069	0,47	0,11	0,06	0,05
„ „ „ 13 „ 15 „ „ B	0,001	0,03	0,524	{ 0,46 0,46 0,47	} 0,07	0,07	0,05
„ „ „ 13 „ 55 „ „ C	—	0,08	0,132	{ 0,25 0,24 0,24	} 0,10	0,07	0,05
„ „ „ 14 „ 15 „ „ D	—	—	0,066	0,21	0,07	0,04	0,05
Halb durchgeblasen . . . . „ E	0,001	0,07	0,046	{ 0,18 0,22	} 0,06	0,08	0,04
Spiegel (Spiegel und Ferromangan) . .	0,74	4,70	0,130	0,005	8,60	0,09	0,40
Halb durchgeblasenes Flusseisen (Schienenstahl)	0,003	0,20	0,067	0,15	0,31	0,06	0,06

Schlacken von Hitze 125 (Ruhrort).

Nr.	SiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	S	FeO	MnO	CaO	MgO	Basicität
1	41,15	0,84	1,12	—	0,06	0,25	2,40	9,03	41,27	4,13	0,71
2	36,30	3,12	1,30	0,46	0,05	0,10	3,97	11,02	39,5	3,39	0,77
3	34,41	2,99	1,08	0,13	0,09	0,13	3,60	10,72	42,8	3,35	0,86
4	31,94	4,02	1,00	0,74	0,05	0,05	4,23	9,94	43,12	4,01	0,92
5	16,64	7,15	1,29	4,95	0,12	0,13	8,42	8,51	44,37	7,34	1,61
6	14,65	11,60	1,35	3,84	0,15	0,12	7,15	7,39	46,63	6,34	1,54
7	12,94	18,83	1,07	3,74	0,07	0,07	5,84	4,25	47,76	6,00	1,32
8	12,20	18,66	0,64	2,80	0,03	0,09	6,79	4,01	48,59	6,26	1,42
9	11,71	18,15	1,01	2,78	0,05	0,09	7,19	4,05	48,19	6,38	1,46
10	12,77	16,92	1,12	2,87	0,13	0,05	5,94	4,8	47,87	6,75	1,44
Kupolofen vor dem Abstich	43,11	0,67	9,61	0,93	0,12	0,35	3,72	4,42	33,57	3,21	—
Kupolofen nach dem Abstich	42,08	1,00	10,81	0,85	0,04	0,48	6,28	5,66	29,5	3,65	—
Schlacke von Spiegeleisen	36,56	0,044	11,57	—	0,05	0,40	0,78	19,80	28,97	1,92	—

Die unter der Bezeichnung Basicität angegebenen Zahlen sind aus den Zahlen der anderen Columnen so abgeleitet, wie es die folgende Gleichung zeigt, welche sich auf Schlacke Nr. 5 bezieht.

$$1{,}61 = \frac{\frac{8{,}42}{72} + \frac{8{,}51}{71} + \frac{44{,}37}{56} + \frac{7{,}34}{40}}{\frac{16{,}64.2}{60} + \frac{7{,}15.3}{142} + \frac{1{,}29}{102{,}8} + \frac{4{,}95}{160} + \frac{0{,}12}{80} + \frac{0{,}13}{32}}.$$

Schlacken von Hitze 31 (Hörde).

	SiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaS	SO_3	CuO
Schlacke vom Kupolofen . . .	52,96	0,11	19,63	2,12	4,31	4,36	1,25	12,80	0,47	0,40	0,04
Durchschnittsprobe der Endschlacke befreit von 3,1 Proc. metallischem Eisen	11,47	12,11	51,32	4,78	3,53	8,31	3,19	2,37	3,18	0,20	0,01

Basische Materialien, Steine und Zuschläge.

	SiO_2 + Thon	Thonerde	Eisenoxyd	Eisenoxydul	MnO	CaO	MgO	CO_2	SO_3	P_2O_5	H_2O	Ka_2O Na_2O
Wertheimer Dolomit, gemahlen und gesiebt	2,54	0,74	1,70	—	0,62	35,14	14,91	44,0	0,09	0,04	0,86	—
Rathinger Dolomit, gebrannt	0,63	0,10	1,33	—	0,24	54,51	39,33	0,54	0,13	0,07	2,53	—
Basischer Stein von Hörde .	SiO_2 5,65	1,40	3,10	—	1,16	54,37	33,01	0,10	0,11	0,11	0,70	0,49
Gebrannter Kalk	0,82	0,62		—	—	89,05	3,05	5,37	0,42	0,01	1,01	—

c. Thomashütte zu Hörde, Hitze Nr. 30.

Die Zusammensetzung des Einsatzes war:

2 800 kg . . . . weiss Puddlings } Roheisen,
1 010 „ . . . . grau ordinäres }
180 „ . . . . Spiegeleisen,
40 „ . . . . Ferromangan,
700 „ . . . . Kalk.

	SiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaS	SO_3	CuO
Durchschnittsprobe, befreit von 6,1 Proc. metallischem Eisen	12,07	11,74	55,94	5,37	2,48	6,08	1,91	1,96	2,88	0,12	—

2. Untersuchungen nach Kupelwieser[1]).

a. Thomashütte zu Hörde.

Hitze vom 31. December 1879.

Einsatz 3400 kg Roheisen, welches mit 14 Proc. Koks im Kupolofen umgeschmolzen war.

Bestandtheile		Roheisen	1	2	3	4	5
Nach Minuten		0	4,25	9,25	11,25	13	Schlussproduct
Eisen	Kohlenstoff . .	2,940	2,480	0,811	0,049	—	—
	Silicium . . .	0,531	0,009	0,000	0,000	—	—
	Phosphor . . .	1,220	1,250	1,320	0,786	0,021	—
	Mangan . . .	0,611	0,247	—	—	0,123	—
	Kupfer	—	0,111	—	—	0,119	—
	Schwefel . . .	0,152	0,206	0,277	0,262	0,206	0,133

b. Thomashütte zu Witkowitz.

Hitze Nr. 9634[2]).

Einsatz { 4200 kg hallirtes Puddlingsroheisen,
170 „ Ferromangan und
840 „ gebrannter Kalk.

Das Gebläse lieferte pro Wechsel 1,5 cbm, nach Abzug von 0,4 Proc. Verlust = 0,91 cbm.

---

[1]) Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1880, S. 381. — [2]) loc. cit. S. 413. Die Zahlen sind auf zwei Stellen abgekürzt.

Bestandtheile		Roheisen	1	2	3	4	5	6
Nach		0	Verschwinden der Spectrallinien	100 Wechseln	100 Wechseln	30 Wechseln	Zusatz von Ferromangan	Schluss-product
Nach Minuten		0	14	15	16	17	17′ 30″	18
Eisen	Kohlenstoff	3,00	0	0	0	0	0,10	0,10
	Silicium	0,75	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
	Mangan	0,79	0,63	0,28	0,28	0,21	0,41	0,20
	Phosphor	0,90	0,63	0,03	0,01	0,01	0,02	Spur
	Schwefel	0,20	0,19	0,10	0,06	0,05	0,02	0,02
	Kupfer	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

3. Untersuchungen nach Richards[1]).

Thomashütte zu Middlesborough.

Bestandtheile		Roheisen	1	2	3	4	5	6	7
Nach Minuten		0	3	6	9	12	14,5	16,5	16,6
Eisen	Phosphor	1,50	1,60	1,63	1,43	1,42	1,20	0,08	—
	Kohlenstoff	3,50	3,60	3,40	2,40	0,90	0,075	—	—
	Silicium	1,70	0,80	0,28	0,05	0,01	0	0	—
	Mangan	0,70	0,62	0,55	0,37	0,28	0,13	0,10	—
	Schwefel	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	—
Schlacke	Kohlensäure	—	32,60	42,60	36,00	35,60	33,00	15,60	16,60
	Phosphorsäure	—	0,60	0,15	1,60	2,61	5,66	15,06	16,03
	Eisen	—	5,65	2,00	4,60	4,80	6,15	10,45	11,35

[1]) Kerpely, Fortschritte 1879 und 1880, S. 319.

4. Untersuchungen nach Stead[1]).

Nach		0	5 Minuten	10 Minuten	15 Minuten	18 Minuten
Eisen	C	3,50	3,55	2,35	0,07	Spur
	Si	1,50	0,50	0,09	Spur	—
	Mn	0,71	0,56	0,27	0,12	Spur
	P	1,57	4,60	1,43	1,22	0,08
	S	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10

Die Endschlacke enthielt:

Eisenoxydul . . = 9,13
Thonerde . . . = 2,10
Manganoxydul . = 4,32
Kieselsäure . . = 16,60
Kalkerde . . . = 47,08
Magnesia . . . = 4,62
Schwefel . . . = 0,12
Phosphorsäure . = 16,03.

Die Auswürfe waren folgendermaassen zusammengesetzt:

Eisen . . . . = 70,30
Eisenoxyd . . . = 14,50
Mangan . . . . = 0,11
Kohlenstoff . . . = 1,01
Silicium . . . = 0,63
Sand . . . . . = 13,18
Phosphor . . . = 0,05
Schwefel . . . = 0,06.

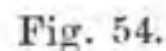
In dem umstehenden Diagramm Nr. 1 ist das in den vorstehenden verschiedenen Analysen angegebene Verhalten des Phosphors zusammengetragen. Man ersieht, dass die Menge des Phosphors keinen erheblichen Einfluss auf dessen Abscheidung hat.

In dem Diagramm Nr. 2 ist das in einem Falle durch Finkener's Analysen constatirte Verhalten sämmtlicher Bestandtheile des Roheisens zusammengetragen. Da die zur graphischen Darstellung gewählte Analysenreihe die ausführlichste von allen ist, wird auf sie im weiteren Verlaufe der Darstellung des chemischen Verlaufes beim basischen Processe besondere Rücksicht genommen werden[2]).

[1]) Engineering and Mining Journal 1883, S. 194. — [2]) Ep. bedeutet Endproduct.

Reihenfolge der Oxydationserscheinungen.

Die eingehendste Untersuchung der Oxydationsvorgänge, auf welchen der basische Bessemerprocess beruht, ist dem Vorsteher der königl. chem.-technischen Versuchsanstalt in Berlin, Professor Dr. Finkener zu verdanken.


Fig. 54.

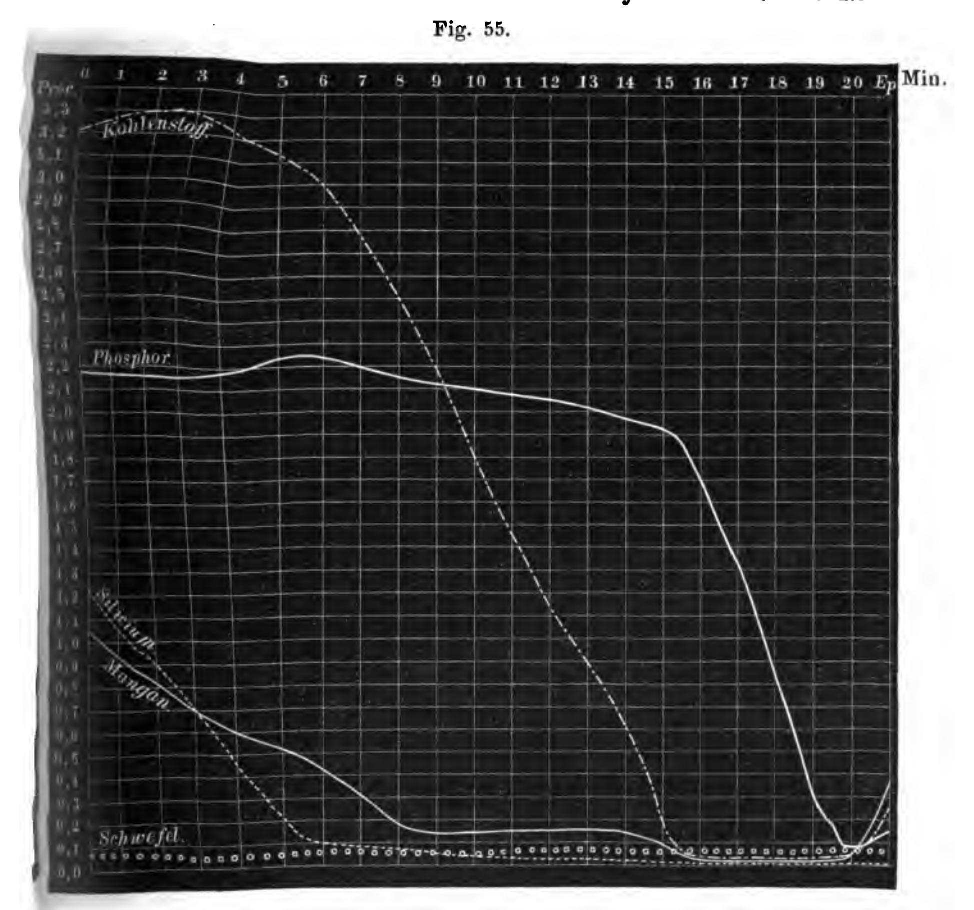
1. Verhalten des Phosphors.

Nachdem nämlich der basische Bessemerprocess auf der *Hermannshütte* zu Hörde und in den Rheinischen Stahlwerken zu Ruhrort betriebsmässig eingeführt war, wurden der Professor Finkener und der Verfasser gemeinschaftlich von dem preussischen Minister der öffentlichen Arbeiten beauftragt, an Ort und Stelle die wirthschaftliche und technische Bedeutung des neuen Processes zu prüfen.

Bei dieser Gelegenheit wurden auf den beiden genannten Werken zahlreiche Proben der Materialien, Zwischen- und Endproducte genommen, welche in systematischer Aufstellung in dem berg- und hüttenmännischen Museum der königlichen Bergakademie zu Berlin zu Jedermanns Kenntnissnahme stehen.

Ausgewählte Reihen der entnommenen Proben sind in der königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt analysirt worden. Die Re-

Fig. 55.



2. Rheinische Stahlwerke, Hitze Nr. 125.

sultate, welche in dem Jahrgange 1883, S. 28 und f. der „Mittheilungen aus den königlichen Versuchsanstalten" abgedruckt sind, dienen den folgenden Erörterungen zur wichtigsten Grundlage.

Nach allen bisherigen Erfahrungen giebt es für jede chemische Verbindung zwei Temperaturgrenzen des Bestehens. Unter einer gewissen Temperatur und über einer zweiten findet eine chemische Verbindung

zweier Elemente oder Stoffe nicht statt. Diese Temperaturen sind aber nicht gleichzeitig die Zerlegungs- oder Dissociationstemperaturen. So z. B. verbindet sich Kohlenoxyd mit Sauerstoff zu Kohlensäure nicht unter 250 und nicht über 2000°, aber Kohlensäure besteht unzerlegt unter dem Minimum fort und kann auch noch jenseits des Maximums unter günstigen Umständen Bestand haben.

Ferner ist die Beständigkeit einer Verbindung bei gegebener Temperatur von der chemischen Energie der mit ihr zusammen auftretenden Elemente oder Stoffe abhängig.

Die Untersuchung dieser beiden Bedingungen beim basischen Bessemerprocess ergiebt als Grundlagen:

1. Die Minimaltemperatur ist stets die des flüssigen Roheisens. Die Maximaltemperatur kann die Dissociationstemperatur des Sauerstoffes mit den Elementen des Eisens nicht übersteigen.

Die Anfangstemperatur übersteigt die Roheisenschmelztemperatur der Regel nach um eine gewisse Ueberhitzungstemperatur. Die Temperatur steigt nachher mit der Abnahme der im Roheisen enthaltenen Elemente und bleibt stets über dem Schmelzpunkte des zur Zeit bestehenden Kohleneisens, welches schliesslich nahezu allen Kohlenstoff verliert, ohne erstarren zu dürfen.

2. Der Sauerstoff der eingeführten Luft oxydirt diejenigen Elemente, mit denen er gerade zusammentrifft, d. h. bei der überwiegenden Menge des Eisens ganz besonders dieses. Von den entstehenden Verbindungen können indessen nur diejenigen unzersetzt bleiben, welche in der durch die Flüssigkeit der Massen begünstigten Berührung unter einander bei der gerade herrschenden Temperatur beständig sind.

Ueber die Berechtigung, Schlüsse aus den einzelnen Analysen auf die Vorgänge in der Birne zu ziehen, äussert sich Finkener wie folgt:

„Die ausgeführten Untersuchungen bestehen der Hauptsache nach aus Analysen der Rohmaterialien, der Zwischenproducte sowie der Endproducte zweier Hitzen (Chargen), und in Versuchen zur Ermittelung des Verhaltens einiger Producte des Processes zu einander bei hoher Temperatur. Hitze 125 ist in Ruhrort mit einem an Silicium, Phosphor und Mangan wesentlich reicheren Roheisen ausgeführt, als Hitze 31 in Hörde. Die analysirten Proben des Roheisens und Spiegeleisens sind der Rinne entnommen, in welcher das geschmolzene Eisen der Birne zufloss, die der Zwischenproducte der in Ruhe gesetzten Birne vermittelst eines Schöpflöffels. Von der gleichzeitig entnommenen Schlacke ist nur der geschmolzene Theil nach der möglichst vollständigen Befreiung von metallischem Eisen untersucht. Die Art der Probenahme bringt es mit sich, dass man die gefundene Zusammensetzung der Proben des Eisens und der Schlacke nicht mit aller Strenge auf den Durchschnitt des Eisens und besonders der Schlacke übertragen kann. Zu Anfang der Hitze bestand die entnommene Schlackenprobe der Hauptsache nach aus Kalkstücken mit einzelnen erstarrten Schlackenstücken. Die Endschlacken von

Hitze 30 und 31 (Tabellen, S. 142) sind von metallischem Eisen befreite Durchschnittsproben der ganzen Schlackenmenge; der Mehrgehalt an Silicium und Phosphor bei Hitze 125 (S. 139) hatte eine höhere Temperatur in der Birne zur Folge, so dass der Process regelmässiger unterbrochen werden konnte als bei Hitze 31 (S. 140), bei welcher wiederholt eine Unterbrechung zur Probenahme der niedrigeren Temperatur wegen nicht gewagt wurde."

Es darf überhaupt nicht vernachlässigt werden, dass bei dem schnellen Verlaufe des Bessemerprocesses eine jede während der Operation ausgeführte Probenahme gleichbedeutend mit einer Beeinträchtigung des normalen Verlaufs ist, weil sie eine, wenn auch vorübergehende Temperaturerniedrigung zur Folge hat.

Im Allgemeinen ergiebt sich aus dem Diagramm Nr. 2 (S. 147), dass wie beim sauren Processe auch beim basischen stets zuerst der Gehalt an Silicium und Mangan abnimmt, dann der an Kohlenstoff, hierauf derjenige an Phosphor und an noch zurückgebliebenem Mangan.

Dass hierbei keine so scharfe Sonderung der Oxydationsvorgänge stattfindet, als man aus Untersuchungen im Laboratorium schliessen sollte, findet seine Begründung darin, dass die Oxydationsproducte sämmtlich ein geringeres specifisches Gewicht haben als das Roheisen, daher aufsteigen und sich der Einwirkung des letzteren insoweit entziehen, als sie nicht durch das Umwälzen der flüssigen Massen wieder eingerührt werden. Dem letzteren Vorgange ist es namentlich zu verdanken, dass die gebildeten Eisenoxyde immer wieder mit den unoxydirten anderen Elementen des Eisens in Berührung kommen und an sie den Sauerstoff abgeben.

Im Folgenden werden zuvörderst die einzelnen Elemente auf ihre Oxydationsfähigkeit bei den herrschenden Temperaturen untersucht werden.

Eisen.

Das Eisen oxydirt sich mit dem Sauerstoff der Luft, so lange es im Ueberschuss vorhanden ist, zu dem sehr beständigen magnetischen Oxydoxydul.

Dieses Oxydoxydul ist mit den geringen Ausnahmen, in denen eine directe Reduction anderer Elemente durch den Sauerstoff der Luft stattfindet, als Träger des Sauerstoffs anzusehen, welcher bald augenblicklich, bald erst nach längerer Zeit seinen Sauerstoff an alle bei den herrschenden Temperaturen beständigen Elemente abgiebt.

Mit Silicium bildet es am leichtesten Kieselsäure unter gleichzeitiger Verbindung in Form des sauerstoffärmeren Oxyduls zu Eisensilicat. Demnächst giebt es den Sauerstoff an Mangan ab. Beides kann gleichzeitig geschehen, da Silicium und Mangan ein beständigeres Silicat als Silicium und Eisen bilden. Nur wenn der Mangangehalt des

Roheisens nicht zur Deckung der Kieselsäure ausreicht, muss Eisensilicat entstehen. Im umgekehrten Falle, wenn Mangan im Ueberschusse vorhanden ist, bleibt dieses Element im Eisen zurück, da freies Manganoxydoxydul durch Kohleneisen reducirt wird, wenn keine freie Kieselsäure mehr vorhanden ist. Erst nach Abscheidung alles Siliciums setzt sich das Eisenoxydoxydul mit dem Kohlenstoff um, und erst wenn der Kohlenstoff entfernt ist, kann der Phosphor an die Reihe kommen, denn Kohleneisen und Phosphorsäure können nicht neben einander bestehen.

Silicium.

Der am leichtesten oxydirbare Stoff ist das Silicium. Seine einzige Oxydationsstufe ist die Kieselsäure.

So lange unoxydirtes Silicium vorhanden ist, kann auf die Dauer ein anderes Oxyd nicht bestehen; denn sowohl die Oxyde des Eisens als die des Mangans, des Kohlenstoffes und des Phosphors werden durch Silicium reducirt.

Der synthetische Beweis hierfür lässt sich wegen Mangels bei hoher Temperatur hinreichend gasdichter Gefässe nicht direct führen. Indirect indessen ergiebt sich diese Folgerung:

Die Oxyde des Eisens und Mangans sind im freien Zustande mit Kohleneisen zusammen nicht beständig, wohl dagegen als Silicate. Sie geben also so lange an das Silicium Sauerstoff ab, bis sie in der Form der Oxydule mit Kieselsäure gesättigt sind. Ueber die Zusammensetzung dieser Silicate giebt die Beschaffenheit der analysirten Schlacke (Tabelle, S. 141) in soweit Auskunft, als sie die obere Grenze der Basicität feststellt; denn der in der Schlacke enthaltene ungeschmolzene Kalk kann die sich absondernden Silicate wohl basischer, aber nicht saurer machen [1]). Die Basicität der ersten Schlackenprobe von Hitze 125 der Rheinischen Stahlwerke hat Finkener zu 0,71 ermittelt, wonach die Formel $SiRO_3$ wohl gerechtfertigt erscheint. Im Uebrigen ist anzunehmen, dass das erste Oxydationsproduct $SiMnO_3$, d. h. Manganbisilicat ist, falls Mangan in genügender Menge vorhanden war, sonst $Si(Fe, Mn)O_3$.

Das Silicat geht erst allmählich, nachdem alles Silicium oxydirt ist, in das Singulosilicat $SiMn_2O_4$, bezw. $Si(Mn, Fe)_2O_4$ über. Silicium ist, wie gesagt, ein so stark reducirender Stoff, dass neben ihm kein anderes Oxydationsproduct auf die Dauer bestehen kann, dass also nicht nur die Oxyde des Mangans und Eisens, sondern auch Kohlenoxyd und Phosphorsäure durch dasselbe reducirt werden. Demgemäss kann, so lange Siliciumeisen besteht, erstens keine Entkohlung stattfinden, zweitens keine Entphosphorung eintreten, ja es wird sogar durch Silicium so lange das Singulosilicat des Eisens zersetzt und ein Bisilicat gebildet, bis kein freies

[1]) Vergl. loc. cit. S. 31.

Silicium mehr vorhanden ist. Die Bildung des Singulosilicats kann also immer erst in zweiter Linie von statten gehen.

Es ergiebt sich hieraus, dass ein Siliciumgehalt, welcher sich im fertigen Flusseisen befindet, erst in späterer Periode von Neuem in das Metall gerathen, oder am Schlusse durch Zusatz siliciumhaltiger Substanzen hineingebracht sein muss.

Der indirecte synthetische Beweis hierfür ist von Finkener[1]) geführt: Ein Gemenge von Eisen und geglühter durch Säuren abgeschiedener Kieselsäure in einem glasirten Porcellanrohre eine halbe Stunde bis zum Weissglühen erhitzt, blieb bis auf eine schwache Wirkung ebenso unverändert, wie ein Gemenge von Gusseisen und Kieselsäure.

Mangan.

Das Mangan ist nächst dem Silicium das am leichtesten oxydirbare Element, welches im Roheisen enthalten ist. Das Mangan schützt daher das Eisen vor der Oxydation, bis es selbst vollständig oxydirt ist. Da es indessen als freies Oxydul oder Oxyduloxyd nicht neben Kohleneisen beständig ist wie Kieselsäure, so kann es auch nur in dem Maasse verschlackt werden, als Kieselsäure zu seiner Verbindung disponibel ist. Ein Ueberschuss bleibt im Eisen bestehen und wird erst allmählich mit dem Kohlenstoff entfernt. Die Zufügung von Mangan in Form von Spiegeleisen oder Ferromangan erhöht selbstverständlich am Schlusse des Processes wieder den Mangangehalt des Flusseisens.

Kohlenstoff.

Kohlenstoff oxydirt sich zu Kohlenoxyd und Kohlensäure. So lange Silicium vorhanden ist, vermindert sich der Kohlenstoffgehalt nicht, denn Kohlenoxyd zersetzt sich mit Siliciumeisen in Eisensilicat und Kohleneisen.

Das Oxydationsproduct des Kohlenstoffs, welches nach Abscheidung des Siliciums nunmehr auftritt, ist in der Hauptsache Kohlenoxyd, mit um so grösserer Menge Kohlensäure, je ärmer an Kohlenstoff das Eisen wird. Die Menge der Kohlensäure ist abhängig von dem Ausgleich der Sauerstoffabgabe der Kohlensäure an das Eisen mit der Kohlenstoffabgabe des Kohlenoxyds an das Eisen.

Finkener[2]) nimmt mit Recht an, dass sich dieses Verhältniss zwischen Kohlenoxyd und Kohlensäure zwar nach der Temperatur und nach der Beschaffenheit des Eisens ändern werde, dass aber die Kohlensäure nur bei einem hohen Kohlenstoffgehalte des Eisens ganz verschwinden könne.

[1]) loc. cit. S. 33. — [2]) loc. cit.

Eine schwer zu lösende Frage ist, ob es das Kohlenoxydgas ist, welches die Oxydation anderer Stoffe bis zum Verschwinden des Kohlenstoffs hindert oder wenigstens erschwert oder ob dies dem Kohleneisen zuzuschreiben ist. Auch in dieser Beziehung müssen Temperaturverhältnisse eine erhebliche Rolle spielen, sonst würden sich die gleichen Ergebnisse der Phosphorabscheidung nicht ebenso bei den mit geringkohlenstoffhaltigem Eisen verbundenen Rennarbeiten, wie bei dem mit hochkohlenstoffhaltigen Eisen arbeitenden Krupp'schen Processe zeigen.

Bei der Temperatur des Bessemerprocesses scheint das Kohlenoxyd keine reducirende Rolle mehr zu spielen, was erklärlich ist, da die Dissociationstemperatur der Kohlensäure beinahe, vielleicht zum Theil sogar vollständig erreicht wird.

Finkener sagt hierüber Folgendes:

Nach der Entfernung des Siliciums kann Kohlenoxyd auftreten mit einem gewissen Gehalt an Kohlensäure, der sich mit Abnahme des Kohlenstoffs im Eisen etwas vermehren wird. Phosphorsaures Mangan- oder Eisenoxydul bildet sich noch nicht in erheblichem Maasse, aber doch schon in deutlich merkbarer Menge. Das entstehende wird grösstentheils durch das noch vorhandene Kohleneisen reducirt, wie die folgenden synthetischen Versuche lehren. Diese Reduction dem Gasgemenge von Kohlenoxyd und Kohlensäure zuzuschreiben, ist nur unter der Annahme zulässig, dass die reducirende Kraft des Gasgemenges bei Steigerung der Temperatur erheblicher wächst, als die des Kohleneisens.

Gegen die Annahme des Kohlenoxyds als reducirendes Agens auf phosphorsaures Eisenoxydul spricht ferner der geringe Phosphorgehalt des aus den verschiedenen Schlacken ausgesuchten metallischen Eisens. Die einzelnen untersuchten Proben bestanden in allen Fällen nur aus einigen geschmolzenen grösseren Stückchen. Wenn das Gas phosphorsaures Eisenoxydul in der Schlacke reducirte, so würde sich wohl ein an Phosphor reiches Korn gefunden haben. Ist Kohleneisen das Reductionsmittel, so trifft das entstehende Phosphoreisen gleich mit Eisen zusammen, und es ist keine Veranlassung vorhanden zur Entstehung von phosphorreichem Eisen.

Folgende synthetische Versuche wurden von Finkener angestellt:

1) Eisen in einem Strome von Kohlensäure bei dunkler Rothglut. Das austretende Gas bestand aus ungefähr gleichen Volumen Kohlensäure und Kohlenoxyd. Das Eisen war in Eisenoxydoxydul übergeführt.

2) Eisen in einem Nickelschiffchen in einem Strome von Kohlensäure bei Weissglut. Das austretende Gas bestand bei langsamem Strome aus fast reinem Kohlenoxyd, bei schnellerem Strome aus ungefähr $^3/_4$ Volumen Kohlenoxyd und $^1/_4$ Volumen Kohlensäure.

3) Eisenoxyd in einem Nickelschiffchen in einem Strome von Kohlenoxyd. Bei dunkler Rothglut bestand das austretende Gas anfangs vorwiegend aus Kohlensäure. Der hohe Kohlensäuregehalt änderte sich aber bald (wohl als das Eisenoxyd zu Oxydoxydul reducirt war), und bei steigender Temperatur bis zur Weissglut enthielt das austretende Gas bei schnellerem und bei langsamerem Strome etwa $^1/_6$ Volumen Kohlensäure. Das Eisenoxyd war in Kohleneisen mit ungefähr 2 Proc. Kohlenstoff übergeführt.

4) Eisen in einem Nickelschiffchen in einem Strome von Kohlenoxyd. Das austretende Gas enthielt auch bei Weissglut nur wenig Kohlensäure, so dass beim Zusammenbringen mit einer Lösung von Kalihydrat eine sichtliche Volumverminderung nicht eintrat. Das Eisen hatte 0,97 Proc. Kohlenstoff aufgenommen.

Phosphor.

Der Phosphor wird zu Phosphorsäure oxydirt und zwar gleichzeitig mit so viel Eisen, dass ein Eisenphosphat entsteht, in welchem 3 Atome Eisen auf 1 Atom Phosphorsäure kommen ($Fe_3P_2O_8$ oder $3FeO, P_2O_5$). Finkener hat nachgewiesen, dass eine Verbindung der Phosphorsäure mit geringerem Eisengehalt sich aus dem flüssigen Eisen nicht absondern kann, da sie von demselben zersetzt werden würde.

Er bewies dies durch die folgenden synthetischen Versuche:

1) Eisenphosphat ($Fe_3P_2O_8 = 3FeO, P_2O_5$), gemengt mit gleichem Gewicht Eisen in einem Eisenschiffchen in einer Atmosphäre von Stickstoffgas unter 30 mm Quecksilber Ueberdruck. Das Gemenge war nur stark gesintert und enthielt kein Phosphoreisen.

2) Ein Gemenge von 1 Thl. $Fe_2P_2O_7$, 1 Thl. $Fe_3P_2O_8$ ($= 2FeO, P_2O_5$ und $3FeO, P_2O_5$) und 2 Thln. Eisen wie 1. Das Gemenge war vollständig geschmolzen und bestand in der unteren Schicht aus Phosphoreisen.

3) Ein Gemenge von 1 Thl. $Fe_2P_2O_7$, 3 Thln. $Fe_3P_2O_8$ ($=2FeO, P_2O_5$ und $3FeO, P_2O_5$) und 4 Thln. Eisen wie 1. Das Gemenge war stark gesintert; es entwickelte beim Behandeln mit verdünnter Schwefelsäure nur wenig Phosphorwasserstoffgas.

4) Ein Gemenge von 1 Thl. $Fe_2P_2O_7$, 9 Thln. $Fe_3P_2O_8$ ($= 2FeO, P_2O_5$ und $3FeO, P_2O_5$) und 10 Thln. Eisen wie 1. Resultat wie bei Versuch 3.

Diese Oxydation des Phosphors kann weder vor Zerstörung des Siliciumeisens, welches sich mit dem Phosphat zu Silicat und Phosphormetall umsetzt, noch vor Zerstörung des Kohleneisens, welches sich in Kohlenoxyd und Phosphormetall umsetzt, stattfinden. Der erste Vorgang ist ganz ausgeschlossen, da das Silicat in der Masse zurückbleibt, der zweite in beschränktem Maasse zulässig, da das Kohlenoxyd gasförmig entweicht.

Ueber den bereits unter „Kohlenstoff" erörterten Einfluss des Kohlenmetalls im Gegensatz zum Kohlenoxyd, welches als solches nicht die Reduction des Phosphors bei der herrschenden Temperatur zu veranlassen scheint, geben die folgenden synthetischen Vergleiche Finkener's Aufschluss.

1) Dreibasisches Eisenphosphat (phosphorsaures Eisenoxydul) in einem Strome von Kohlenoxyd. Auch bei Weissglut fand keine merkbare Einwirkung statt.

2) Ein Gemenge von dreibasischem Eisenphosphat (phosphorsaurem Eisenoxydul) und Roheisen mit 3,8 Proc. Kohlenstoff in dem Verhältniss, dass der Kohlenstoff des Roheisens ausreichte, sämmtlichen Sauerstoff des phosphorsauren Eisenoxyduls in Kohlenoxyd überzuführen, in einem Strome von Stickstoff. Das austretende Gas enthielt erst bei heller Rothglut Kohlenoxyd. Nach beendeter Reaction bei Weissglut war der Inhalt des Nickelschiffchens zu Phosphoreisen reducirt und mit demselben zu Kügelchen zusammengeschmolzen.

3) Ein Gemenge von Eisenoxyd mit dreibasischem Eisenphosphat (in dem Verhältniss, dass bei vollständiger Reduction ein Phosphoreisen mit 3 Proc. Phosphor hätte resultiren müssen) in einem Strome von Kohlenoxyd. Bei dunkler Rothglut und langsamem Kohlenoxydstrome bestand das austretende Gas anfangs aus fast reiner Kohlensäure, später auch bei Weissglut enthielt es etwa $^1/_6$ Volumen Kohlensäure. Der Inhalt des Schiffchens war vollständig reducirt und mit demselben theilweise legirt.

Erst wenn der Kohlenstoff verzehrt und als Kohlenoxyd oder Kohlensäure entwichen ist, kann der Phosphor sich verschlacken, da Eisenphosphat neben entkohltem Eisen beständig ist.

Dass nach Zusatz des Spiegeleisens oder Ferromangans der Phosphorgehalt wieder steigt, kann von dem neu zugesetzten Kohleneisen, welches aus der Schlacke Eisenphosphat zu Phosphoreisen reducirt, herrühren, aber ebensowohl von dem Mangan, welches den Sauerstoff des Eisenphosphats in Anspruch nimmt [1]).

[1]) Vgl. Ehrenwerth, Stud. über d. Thomas-Gilchrist-Process 1881, S. 189.

Schwefel.

Der Schwefel vermindert sich bei dem basischen Processe wenig oder gar nicht. Auf diesen Uebelstand hat Professor Finkener zuerst aufmerksam gemacht.

Schwefeleisen ist neben Eisenoxyden beständig, andere Schwefelverbindungen, wenn sie gebildet würden, werden vom Eisen zersetzt.

Die folgenden synthetischen Beweisversuche sind von Finkener ausgeführt[1]).

1) Eisen in einer Atmosphäre von schwefliger Säure. Dieselbe wurde verschluckt; es hatte sich ein Oxyd des Eisens und Schwefeleisen gebildet.

2) Ein Gemenge von Schwefeleisen (FeS), Eisenoxydul und Eisen im evacuirten Rohr. Das Gemenge war vollständig geschmolzen, das Platinschiff durchlöchert und das Rohr verschlackt.

3) Eisen und schwefelsaurer Kalk im evacuirten Rohr. Die Masse war geschmolzen, es hatte sich Oxyd und Schwefelmetall gebildet.

Wenn trotzdem mehrfach eine Schwefelverminderung bei dem Processe stattfindet, wie die vorangegebenen Analysen beweisen, so ist diese der Einwirkung der Schlacke zuzuschreiben. Bekanntlich geht beim sauren Bessemerprocesse Schwefel in bedeutendem Maasse als schweflige Säure fort, weil sich Schwefeleisen, Kieselsäure und Kohlenstoff in Kohlensiliciumeisen und schweflige Säure verwandeln[2]), so dass 92,8 bis 97,5 Proc. Schwefel so ausgetrieben werden können. Beim basischen Bessemerprocesse kann ein ähnlicher Vorgang nur ganz im Anfange der Feinperiode stattfinden, wenn das Silicium des Eisens in der Verschlackung begriffen ist, oder später durch locale Einwirkung von Schlacke auf Schwefeleisen und schnelle, zufällige Entziehung der entweichenden schwefligen Säure aus der reducirenden Einwirkung des metallischen Eisens[3]).

Diese letztere Einwirkung scheint vollständiger bei einem Ueberblasen stattzufinden, da, wenn das Blasen nach vollendeter Verschlackung des Phosphors fortgesetzt wird, auch Schwefel entfernt werden kann, wahrscheinlich durch die Einwirkung der dann sehr eisenoxydreichen Schlacke. So will man in Creusot einen Gehalt des Roheisens von 0,2 Proc. Schwefel auf 0,03 Proc. durch Ueberblasen vermindern können[4]). Man versteht unter Ueberblasen im Gegensatze zum Nachblasen eine mit erheblicher Oxydation des Eisens selbst verbundene Operation. Daher wird auch

[1]) Vergl. Mittheilungen loc. cit. — [2]) Abthl. I, S. 48. — [3]) Vergl. Abthl. I, S. 44. — [4]) Vergl. Delafond, Glückauf 1883, Nr. 15.

beim sauren Processe das Blasen nach vollendeter Abscheidung des Kohlenstoffs Ueberblasen genannt.

Endlich findet noch eine Schwefelabscheidung beim Zusatz des Mangans am Schlusse des Processes statt, und die Menge des abgeschiedenen Schwefels wächst mit der Menge des zugesetzten Mangans, ist daher erheblicher bei Zusatz von Ferromangan als bei Benutzung von Spiegeleisen [1]).

Wird die Wirkungsweise des Schwefels beim Hochofenprocesse, beim sauren und beim basischen Bessemerprocesse verglichen, so ergiebt sich, dass im Hochofen eine Schwefelabscheidung mit Calcium und Mangan stattfinden kann, weil die oxydirende Einwirkung des Sauerstoffs fehlt, dass beim sauren Bessemerprocesse die oxydirende Einwirkung des Sauerstoffs mit der der freien Kieselsäure zusammentrifft, dass aber beim basischen Bessemerprocesse beide Bedingungen fehlen und daher ein schwefelarmes Material für einen günstigen Erfolg Bedingung bleibt.

Einfluss der basischen Zuschläge.

Bisher ist der Einfluss des Zuschlagkalks ganz unberücksichtigt geblieben, und thatsächlich kann dies auch bei Erörterung der chemischen Vorgänge des Processes geschehen, ohne ein falsches Bild der letzteren zu geben. Ist das Dolomitfutter erforderlich, um den Einfluss von aussen zutretender freier Kieselsäure zu vermeiden, so haben die Kalkzuschläge lediglich den Zweck, die Einwirkung der aus dem Silicium des Roheisens gebildeten Kieselsäure zu verhindern. Hiernach brauchte man die Menge des Zuschlagskalks nicht nach dem Phosphorgehalt [2]), sondern lediglich nach dem Siliciumgehalt des Roheisens bemessen; die Praxis hat aber zu Gunsten eines erheblichen Kalküberschusses entschieden.

Nach Ehrenwerth [3]) findet die Bildung des Erdbasenphosphats erst von da an statt, wo die Schlacke bereits bis zum Subsilicat mit Erdbasen gesättigt und noch überschüssiger Kalk vorhanden ist. Es unterliegt indessen keinem Zweifel, dass sich stets zuerst Eisenphosphat bildet; im Uebrigen aber kann sich weder Eisen- noch Calciumphosphat bilden, so lange das Silicium noch nicht oxydirt ist; denn der Phosphor wird dann ebenso aus dem Calciumphosphat wie aus dem Eisenphosphat reducirt [4]). Nicht wesentlich abweichend ist der Vorgang bei der Entkohlung. Erst beim Nachblasen können sich Eisen- und Calciumphosphat neben einander halten.

Der Vorgang der Bildung des letzteren aus dem ersteren ist nicht als plötzliche Erscheinung aufzufassen; vielmehr wird der ungeschmolzene

[1]) Wenn es richtig ist, was Rollet behauptete, dass die Schwefelabscheidung mit der Flüssigkeit der Schlacke wächst, so würde ein Zusatz von Flussspat, Soda oder Potasche günstig wirken können. — [2]) Vergl. Seite 104. — [3]) Studien 1881, S. 184. — [4]) Vergl. Abthl. I, S. 91 u. f.

Kalk vor allen Dingen die Kieselsäure zur Bildung eines schmelzbaren Silicats in Anspruch nehmen und dann erst mit der Phosphorsäure da eine Verbindung eingehen, wo er mit dem geschmolzenen Eisenphosphate in directe Berührung tritt. Das durch die stärkere Base, die Kalkerde, verdrängte Eisen wird als Oxydul nicht bestehen können, sondern unter Reduction eines entsprechenden Antheils Eisen in Oxydoxydul übergehen. So lange Kohleneisen vorhanden ist, kann auch das ausgeschiedene Eisenoxydul Kohlenstoff oxydiren und selbst reducirt werden. Es darf bei der Unschmelzbarkeit der Kalkerde nicht auffallen, wenn alle diese Vorgänge mehr oder minder unvollständig stattfinden.

In der geschmolzenen Schlacke sind offenbar noch neben einander Kieselsäure, Phosphorsäure, Eisen- und Manganoxydul, Kalkerde und Magnesia enthalten. Es ist ebenso wenig wie in einer bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Substanz, z. B. in einer wässerigen Lösung, bei der heissflüssigen Schlacke möglich zu entscheiden, in welcher Combination diese vier Arten von Substanzen neben einander existiren, und ob die gleiche Gruppirung wie nach dem Erstarren schon vorgebildet sei.

Die Frage nach dem Verbindungszustande der Phosphorsäure in der erstarrten Schlacke ist nicht von Einfluss für den basischen Bessemerprocess, wohl aber für die Weiterverwerthung der Schlacken. Sie wird daher in dem achten Abschnitte besprochen werden müssen und es möge nur hier noch bemerkt werden, dass der grösste Theil der Phosphorsäure an Kalkerde gebunden erscheint. Daher ist auch der Eisengehalt der Schlacken gering, falls nur Nach-, nicht Ueberblasen stattgefunden hat.

II. Die physikalischen Vorgänge.

Die physikalischen Vorgänge sind im Wesentlichen nur dadurch von denjenigen beim sauren Processe verschieden, dass zur Wärmeentwickelung der Phosphor, zur Wärmeentziehung die grosse Menge von Kalkzuschlag beiträgt.

Die ziemlich allgemein jetzt angenommenen Verbrennungswärmen [1]) sind für 1 kg:

Kohlenstoff zu	Kohlensäure	8080	Wärmeeinheiten
	Kohlenoxyd	2473	"
Sauerstoff zu	Kohlensäure	3030	"
	Kohlenoxyd	1855	"
Eisen zu	Eisenoxydul	1352	"
	Eisenoxydoxydul	1648	"
	Eisenoxyd	1796	"
Sauerstoff zu	Eisenoxydul	4732	"
	Eisenoxydoxydul	4326	"
	Eisenoxyd	4190	"

[1]) Vergl. Ledebur, Eisenhüttenk., Abthl. I, S. 21.

Mangan zu . .	Manganoxydul . .	2000	Wärmeeinheiten
	Mangansuperoxyd .	2410	"
Sauerstoff zu .	Manganoxydul . .	6875	"
	Mangansuperoxyd .	4110	"
Silicium zu Kieselsäure		7830	"
Sauerstoff zu Kieselsäure		6850	"
Phosphor zu Phosphorsäure		5760	"
Sauerstoff zu Phosphorsäure . . .		4500	"

Unter Zugrundelegung dieser Zahlen lässt sich die Wärmeentwickelung beim basischen Bessemerprocess genau ebenso berechnen wie beim sauren, wenn den Verbrennungsproducten, welche in nicht gasförmigem Zustande auftreten, deren Wärme also dem Bade zugute kommt, noch die aus dem Phosphor gebildete Phosphorsäure (P_2O_5) zugezählt wird. Es kann daher auf die in unserem Werke über die Darstellung des schmiedbaren Eisens[1]) S. 432 u. f. enthaltenen Entwickelungen verwiesen werden.

Ausführlich hat diese Berechnungen Ehrenwerth[2]) für die verschiedenen Zusammensetzungen des Roheisens, namentlich für die verschiedenen Gehalte von Silicium, Mangan und Phosphor durchgeführt. Es ist indessen bei der Benutzung zu beachten, dass der Autor etwas abweichende Zahlen für die absoluten Heizeffecte der einzelnen Elemente, namentlich des Eisens und Mangans zu Grunde gelegt hat, als die oben angegebenen.

Folgende Tabelle zeigt die Grundlagen von Ehrenwerth's Berechnungen[3]).

Element 1 Gewthl.	Bedarf an Sauerstoff Gewthl.	Product		Wärmeeinheiten		
		zusammen	Gewicht	erzeugt	abgeführt	im Bade verbleibend
Silicium	1,143	SiO_2	2,143	7830	1307	6523
Phosphor	1,250	P_2O_5	2,250	5766	1430	4336
Eisen	1,286	FeO	1,286	1257	327	930
Mangan	0,210	MnO	1,210	1280	333	947
Kohlenstoff . . .	1,333	CO	2,333	2473	2333	140
Kohlenstoff . . .	2,667	CO_2	3,667	8080	4161	3919
1 Si mit 4 Fe . . .	2,286	Fe_2SiO_4	7,286	12858	2615	10243
1 P mit 1,806 Fe .	1,766	$Fe_2P_2O_7$	4,572	8036	2021	6015

Die letzte Rubrik stellt diejenigen Wärmemengen dar, welche durch Reduction wieder den flüssigen Massen zugute kommen.

[1]) Abthl. III. — [2]) Studien über den Thomas-Gilchrist-Process 1881. — [3]) S. 64.

Zu dem gleichen Ziele lässt sich auch noch durch Berechnung aus der Endschlacke des Processes gelangen. Die Schlacke Nr. 10 der S. 141 mitgetheilten Analysen von den Rheinischen Stahlwerken diene als Beispiel:

In der Schlacke sind enthalten

47,87 Proc. Kalkerde auf 6,75 Proc. Magnesia,

welche theils aus den Zuschlägen, theils aus dem Futter stammen müssen, denn in dem Zuschlagskalk sind

89,05 Proc. Kalkerde auf 3,05 Proc. Magnesia,

in dem Futter 54,37 „ „ „ 33,01 „ „

enthalten.

Mithin sind (nach der Mischungsrechnung) in 26 von 100 Gewthln. Schlacke Kalkerde und Magnesia aus dem Futter, in 74 Gewthln. dieselben Stoffe aus dem Zuschlag enthalten.

Von ursprünglich oxydirten Producten ausser Kalkerde und Magnesia gehören daher (nach den Analysen Seite 142, basischer Stein von Hörde und gebrannter Kalk) der Endschlacke an:

	Kieselsäure	Eisenoxyd	Manganoxydul	Phosphor
1) aus dem Futter . .	1,6	0,9	0,3	0,03
2) aus dem Zuschlag .	0,6	0,4	—	0,008
Zusammen	2,2	1,3	0,3	0,038

Also bleiben aus dem Eisen entstammend (nach Analyse 10) in 100 Gewthln. Schlacke:

12,77 — 2,2	= 10,57	Kieselsäure	entstanden aus	4,94 Silicium
16,92 — 0,04	= 16,88	Phosphorsäure	„ „	7,37 Phosphor
2,87 — 1,3	= 1,57	Eisenoxyd	„ „	1,10 Eisen
4,80 — 0,3	= 4,50	Manganoxydul	„ „	3,49 Mangan
	und 5,94	Eisenoxydul	„ „	4,62 Eisen

durch Verbrennung entstanden.

Diese entwickelten unter Zugrundelegung der S. 157 angegebenen Zahlen 38 680 + 42 451 + 1976 + 6976 + 6980 + 6246 = 96 333 Wärmeeinheiten (s).

Es kamen auf 5597 kg Flusseisen 975 kg Schlacke, mithin wurden bei der Erzeugung von diesen 975 kg Schlacke entwickelt: $\frac{975\,s}{100}$ = 93 925 Wärmeeinheiten.

In dem Roheisen waren enthalten 3,21 Proc. Kohlenstoff, von denen

3 Proc. zu Kohlenoxyd mit 7419 Wärmeeinheiten
und 0,21 zu Kohlensäure mit 1697 „
zusammen mit 9116 „

auf 100 kg Roheisen verbrannten. Die 6000 kg Einsatzroheisen entwickelten also 546 960 Wärmeeinheiten; ferner verbrannte aus 350 kg Spiegeleisen und Ferromangan der Kohlenstoff weniger dem im Fertigproducte enthaltenen zu Kohlensäure. Im Material waren 5,18 Proc.

Kohlenstoff; 350 kg dienten zur Erzeugung von 5597 kg Blöcken mit 0,026 Proc. Kohlenstoff. Es verbrannten also: $\frac{5,18 \times 350}{100} = 18,13$ weniger $\frac{0,26 \times 5597}{100} = 14,55$ kg, d. h. 3,58 kg Kohlenstoff des Zusatzeisens mit 28926 Wärmeeinheiten zu Kohlensäure.

Im Ganzen wurden also durch Kohlenstoffverbrennung 546960 + 28926 = 575886 Wärmeeinheiten erzeugt.

Betrachtet man den Process mit Vollendung des Nachblasens als für die Ausnutzung der Wärme abgeschlossen, so kommen nur die ersten 546960 Wärmeeinheiten in Betracht. Auf 6000 kg Einsatzroheisen fielen 975 Schlacke, es kommen von jenen Wärmeeinheiten auf jede Gewichtseinheit Schlacke daher 561 Wärmeeinheiten aus der Kohlenstoffverbrennung gegen 963 Wärmeeinheiten $\left(\frac{s}{100}\right)$ aus der Oxydation flüssig bleibender Stoffe.

Zu der durch den Process erzeugten Wärmemenge tritt noch die vom Roheisen und vom Winde mitgebrachte. Die Differenz der Summen von mitgebrachter und erzeugter Wärme und in den Fertigproducten enthaltene Wärme giebt den Wärmeverlust, welcher hauptsächlich durch die abgehenden Gase, nebensächlich durch die Auswürfe und am wenigsten durch Leitung und Strahlung der Birnenwände hervorgerufen wird.

Die nach einer der oben bezeichneten Methoden berechnete Verbrennungswärme sei W, so ist dies die Summe der Verbrennungswärme vom Silicium, Mangan, Eisen, Phosphor und Kohlenstoff. Hierzu tritt W_1 als die vom Roheisen mitgebrachte Wärme, welche sich aus dem Gewicht, der Schmelzwärme, der specifischen Wärme und der Ueberhitzungstemperatur berechnet [1]).

Die Schmelzwärme des Roheisens ist im Durchschnitt 46 Wärmeeinheiten, die specifische Wärme vor dem Schmelzen 0,16, nach dem Schmelzen 0,21. Bei 1200° liege der Schmelzpunkt des Roheisens. So ist:

$$W_1 = 46 + 1200 . 0,16 + (t^0 - 1200^0)\, 0,21,$$

wenn t^0 die Temperatur des überhitzten, aus dem Kupolofen in die Birne abgestochenen Roheisens bedeutet. Hieraus berechnet Ehrenwerth [2]) die Wärmemenge für 100 kg Roheisen mit einer Temperatur von

1300° C. = 25900 Wärmeeinheiten
1400° C. = 28000 „

und folgert, dass 100° in der Temperatur des Roheisens die erhebliche Menge von 2100 Wärmeeinheiten repräsentire.

Der Wind, dessen Temperatur der Regel nach circa 120° C. beträgt, bringt $W_2 = 1 . s_1 . 120$ Wärmeeinheiten für 1 kg Wind mit; wenn s_1 die specifische Wärme = 0,2377 gesetzt wird, also = 28,52 Wärmeeinheiten.

---

[1]) Vergl. Abthl. III, S. 438 und 439, Anmerk. — [2]) loc. cit. S. 68.

Die Menge des Windes kann entweder aus dem zur Oxydation verbrauchten Sauerstoff, zuzüglich des Stickstoffgehalts der Luft berechnet oder aus der Leistung der Gebläsemaschine gefunden werden. 4,35 Gewthle. Luft entsprechen 1 Gewthl. Sauerstoff.

Ehrenwerth giebt zur Berechnung der durch den Wind mitgebrachten Wärme folgende Formel an [1]):

$$L = 4{,}35\ (2{,}286\ s + 1{,}766\ p + 1{,}333\ c),$$

wenn s die Siliciummenge, p die Phosphormenge ist, welche sich als Phosphorsäure (P_2O_5) mit zwei Atomen Eisen ($2FeO$) verbindet, und c den (zu Kohlenoxyd) verbrannten Kohlenstoff bedeutet. Die zugehörigen Constanten bezeichnen dann die für die Gewichtseinheit erforderlichen Sauerstoffmengen.

So wird die Summe $W = W_1 + W_2 + W_3$ der durch den Wind und das Roheisen zugeführten und durch die Oxydation erzeugten Wärmemenge gefunden.

Die Berechnung der abgeführten Wärme ergiebt sich folgendermaassen auf Grundlage der Annahmen:

Schmelzwärme des Flusseisens = 40 Wärmeeinheiten
" der Endschlacke = 50 "

Specifische Wärme des Flusseisens bis 1000° = 0,171, dann pro 100° C. = 0,007, specifische Wärme der Schlacke = 0,30 [2]).

Die allgemeine Formel für die specifische Wärme des Metalls ist hiernach [3]):

$$\sigma = 0{,}171 + \frac{T - 1000}{10} \cdot 0{,}007$$

und die Formel für die in Flusseisen und Schlacke enthaltene Wärme, wenn M_1 die Metall-, S_1 die Schlackenmenge bedeuten:

$$W = 50\ S_1 + 40\ M_1 + (0{,}30\ S_1 + \{0{,}171 + [T - 1000]\ 0{,}00007\}\ M)\ T.$$

Hiervon geht indessen die dem Zuschlagskalkstein vor seiner Zuführung in die Birne mitgetheilte Wärme ab. Die specifische Wärme des Kalks kann zu 0,2, die Temperatur zu durchschnittlich 800° angenommen werden. Er bringt also dann 160 Wärmeeinheiten pro Gewichtseinheit mit.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die Gase der Bessemerbirne etwa 1400° C. haben und die specifische Wärme des Gasgemenges = 0,245 ist.

Es macht heutigen Tages keine Schwierigkeit mehr, den Process mit hinreichend flüssigen Endproducten durchzuführen, wenn ein siliciumarmes Roheisen zur Verwendung kommt. Dies rührt trotz der grossen

[1]) loc. cit. S. 68. — [2]) Ehrenwerth nimmt diese Zahl wegen des ungeschmolzenen Kalks an Stelle der für Hochofenschlacken ermittelten Zahl 0,83 wahrscheinlich noch zu hoch. — [3]) loc. cit. 69.

Wärmemenge, welche beim basischen Processe auf die Schlacke verwendet werden muss, von dem günstigen Einflusse der Phosphorverbrennung her, welche gerade in der Periode von neuem Wärme erzeugt, wo der Schmelzpunkt des Eisens und der Schlacke auf das Maximum gestiegen ist, und wo beim sauren Process eine Temperaturerhöhung nur durch Eisenverbrennung erzielt werden kann.

Immerhin ist jedoch kein erheblicher Wärmeüberschuss über denjenigen vorhanden, welcher zu einem günstigen praktischen Erfolge nöthig ist. Dies beweist die Nothwendigkeit, die Birne und den Zuschlagskalkstein gut vorzuwärmen und das Probenehmen möglichst abzukürzen.

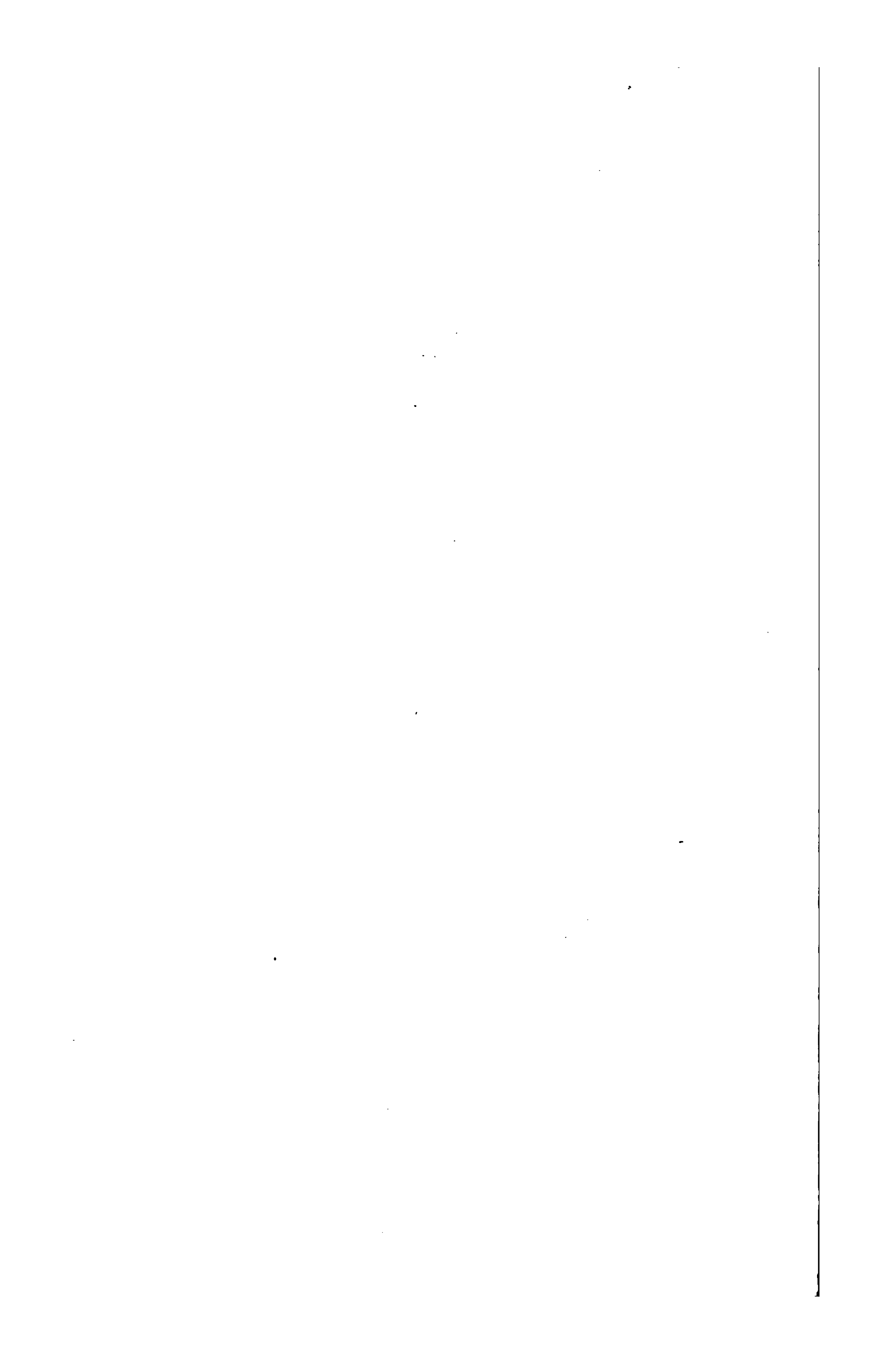
Aus demselben Grunde ist auch der Harmet'sche Vorschlag, den Process auf zwei Birnen, eine saure und eine basische, zu vertheilen, praktisch unausführbar geworden, weil bei der Uebertragung des Zwischenproductes eine zu grosse Abkühlung stattfindet.

SIEBENTER ABSCHNITT.

ALLGEMEINE ANORDNUNG

DER

BASISCHEN BESSEMERWERKE.



Allgemeine Anordnung der basischen Bessemerwerke.

Die ersten Hüttenwerke, welche für den sauren Bessemerprocess eingerichtet waren und den basischen Process einführten, benutzten einfach die bei ihnen bestehenden Einrichtungen. Es stellte sich aber erstens heraus, dass für eine gleiche Production zwei basische Birnen nicht mehr genügten und zweitens, dass die bisherige Combination der Giessgrube mit dem Birnenraum störend sei. Endlich fehlten auch bei Einführung des Processes noch vielen deutschen Werken die allerdings seit 1876 nach dem Vorbilde amerikanischer Werke [1]) sich allmählich einbürgernden Vorrichtungen zur Anbringung von Losböden, welche beim basischen Processe unentbehrlich sind.

Holley schlug deshalb 1880 die folgende neue Anordnung vor, welche in Fig. 56 und 57 (a. S. 166 und 167) abgebildet ist.

Die Birnen, welche sich aus ihren Lagern heben lassen, werden von den Ständern rückwärts in einen besonderen Raum *A* gefahren, wo sie reparirt und wo die Reservefutter aufbewahrt werden.

Die Bodenreparaturwerkstätte *C* und die dafür bestimmten Oefen *D* befinden sich daneben, letztere halbkreisförmig angeordnet.

Nur die Spiegeleisenöfen *E* will Holley in dem Birnenraume belassen. Die Roheisenschmelzöfen sollen dagegen in einem besonderen Gebäude aufgestellt werden, von wo das flüssige Roheisen in einer fahrbaren Pfanne *F* zur Birnenhütte geführt, dort (bei *H*) gehoben und auf einer hochliegenden Bahn *G* soweit herangefahren wird, um entweder in einen Sumpf mit kurzem Gerinne zur Birnenmündung oder direct in letztere ausgegossen zu werden.

Holley erhoffte von dieser Anordnung gleichzeitig eine billigere Arbeit und eine bessere Lüftung der Gebäude, als bisher möglich war.

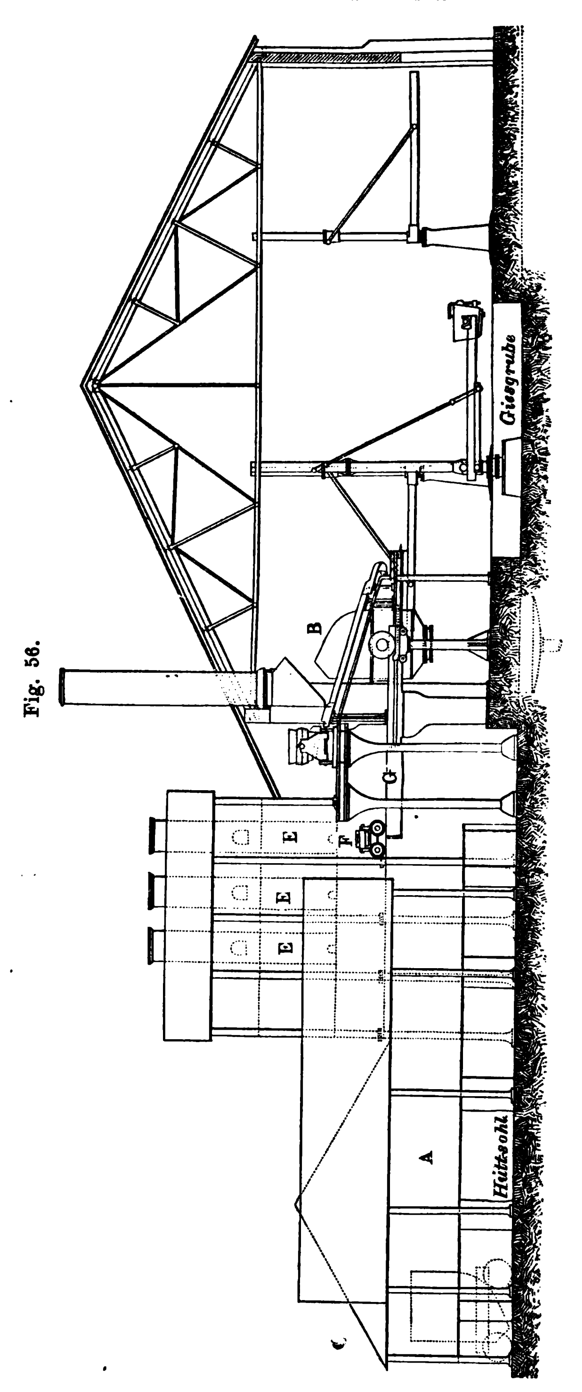
Der Boden der Giessgrube ist in gleicher Ebene mit der Hüttensohle, was den Vortheil haben soll, die Schlacke leicht zu entfernen.

Eine andere von der üblichen Einrichtung für saure Bessemerbirnen abweichende Anordnung findet sich zu Erimus bei Middlesborough,

---

[1]) Vergl. Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1876, Eisenhüttenwesen in Nordamerika und Abthl. III, S. 906.

Fig. 56.



Anordnung einer Thomas-Hütte nach A. Holley. — Aufriss.

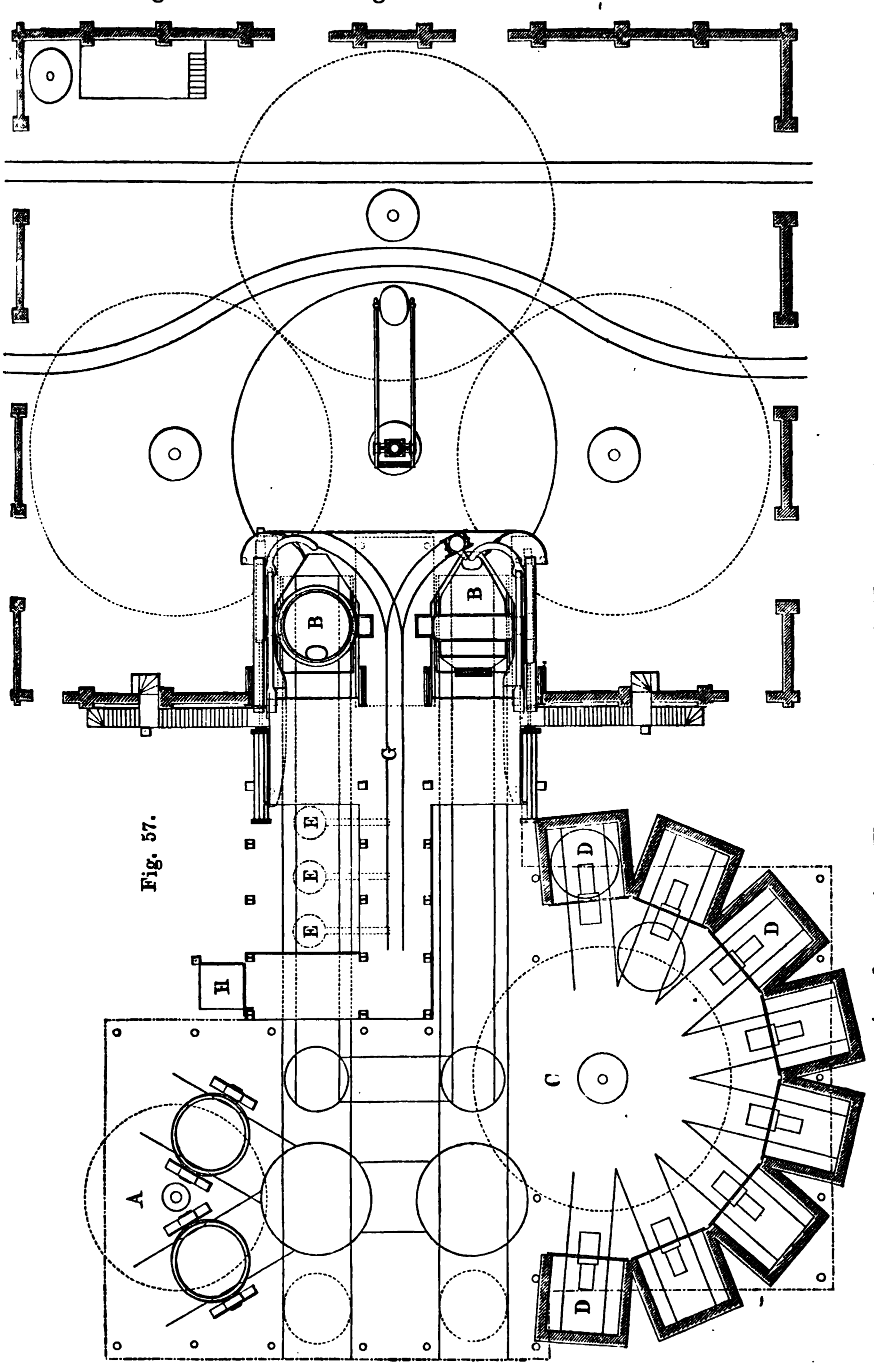


Fig. 57.

Anordnung einer Thomas-Hütte nach A. Holley. — Grundriss.

wo das ursprünglich für rotirende Puddelöfen eingerichtete Werk gänzlich für den neuen Zweck umgebaut worden ist.

Fig. 58 und 59 zeigen [1]) den Auf- und Grundriss. Die Kupolöfen *A* für das Roheisen haben einen Sammelbehälter *B*, aus dem das Roheisen in die Pfanne *M* gestochen wird. Diese wird durch eine hydrau-

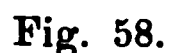


Fig. 58.

Erimus-Hütte, Aufriss.

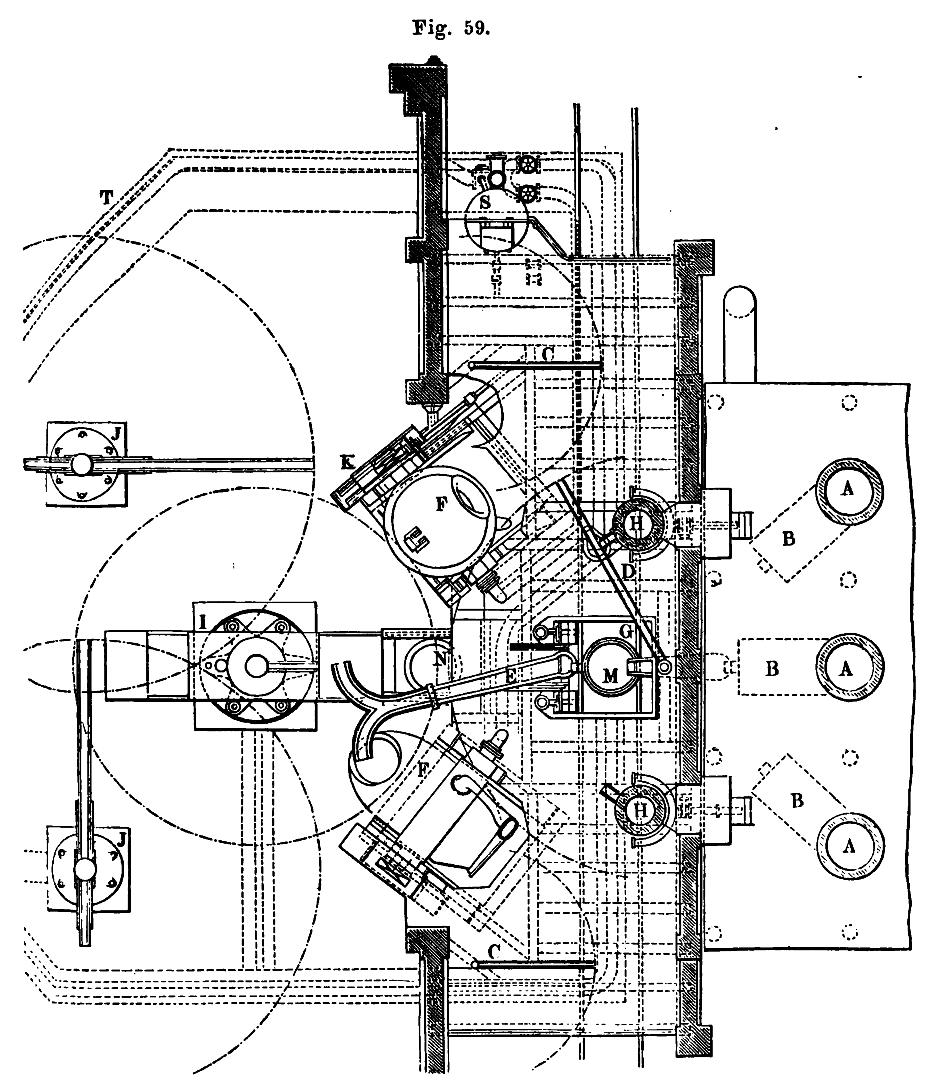
lische Hebevorrichtung so hoch gehoben, dass das flüssige Eisen in die Rinnen *E*, welche zu den Birnen führen, ausgegossen werden kann. Die vorn am Dache aufgehängte Rinne ruht hinten auf Rädern, um dem Ausguss der Pfanne leicht folgen zu können.

Die Kupolöfen *H* für das Spiegeleisen stehen zwar auf der Sohle der Birnenbüne, aber das in die Pfanne *V* abgestochene Eisen muss doch nochmals gehoben werden, um in die Rinne *D* entleert werden zu können. Die Hebung geschieht durch einen hydraulischen Kran.

[1]) Vergl. C. J. Copeland in Stahl und Eisen, 1882, S. 57 und Taf. II.

Die Birnen *F* haben je 6 Tonnen Fassung, 2,44 m lichte Weite der Mäntel und 22 mm Blechstärke. Die ganze Höhe beträgt 4,52 m, die Höhe der Kippaxe über dem Birnenboden 1,88 m.

Fig. 59.



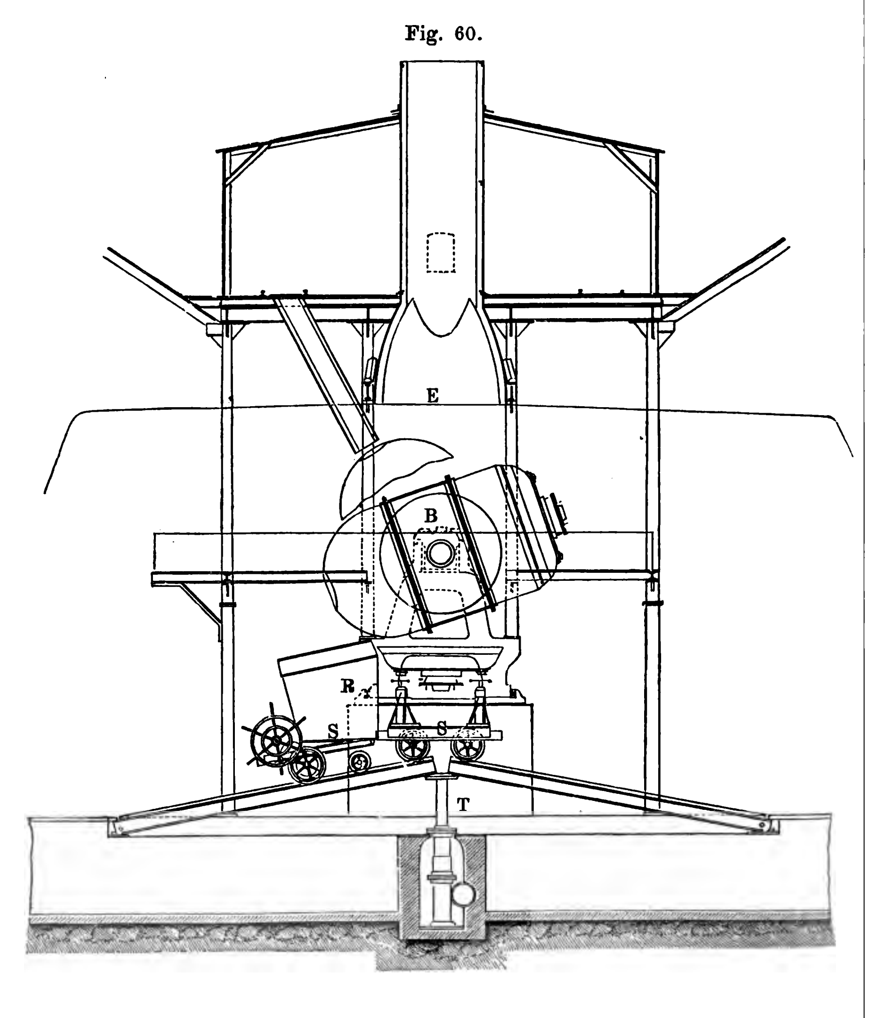
Erimus-Hütte, Grundriss.

Die in Fig. 10 (S. 71) bereits abgebildete Birnenform ist hier zur Anwendung gekommen. Die Zapfen der Birnen liegen 5 m über der Hüttensohle. Eigenthümlich ist die Kippvorrichtung. Sie besteht aus einer

feststehenden hohlen Kolbenstange *K*, durch welche das Druckwasser in den beweglichen und mit der Zahnstange versehenen Cylinder geleitet wird.

Der Giesspfannenkran *I*, dessen Kolben 610 mm Durchmesser und einen Hub von 5700 mm besitzt, hat bis zur Pfannenmitte eine Ausladung

Fig. 60.



1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 M

Witkowitz, Aufriss.

von 5,10 m. Man hat hierbei an eine etwa nothwendige Anwendung des getheilten Verfahrens (S. 135) und eine Uebertragung des Metalls aus einer Birne zur anderen gedacht.

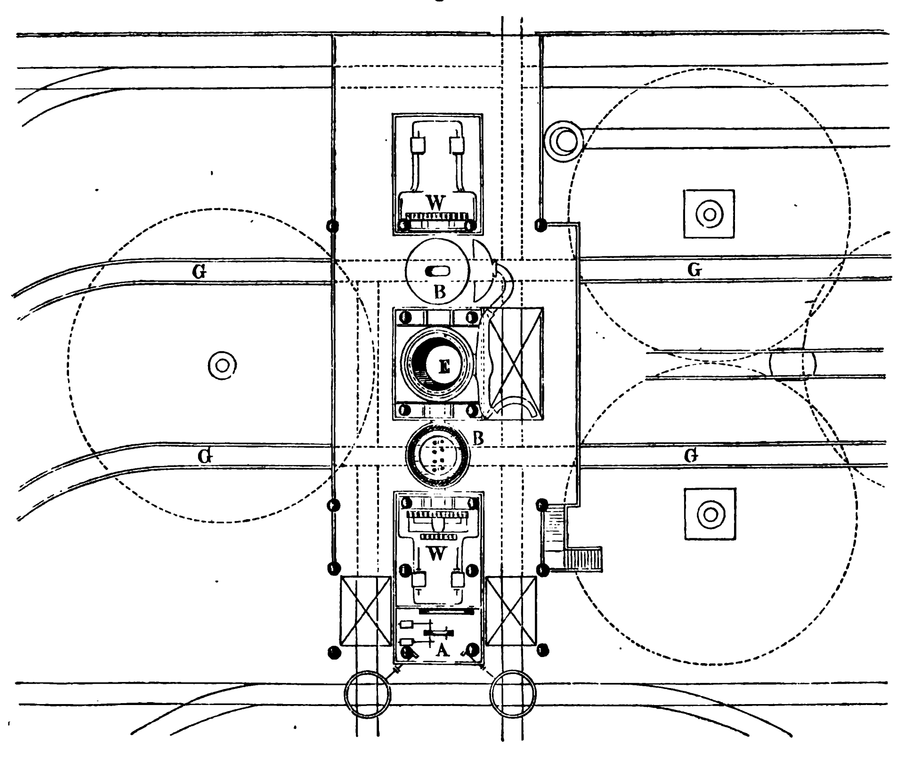
Die zum Ausheben der Blöcke bestimmten Fünftonnenkrane *J*, deren Kolben 250 und 400 mm mit einem Hub von 2250 mm besitzen, haben eine Ausladung von 5,40 m.

Der Accumulator hat 610 mm Cylinderdurchmesser, 6000 mm Hub; die Pressung beträgt 40 kg pro Quadratcentimeter.

Die Gebläsemaschine hat 2 Dampfcylinder von 1,07 und 2,00 m Durchmesser, während der Gebläsecylinder 1,37 m Durchmesser besitzt. Der Hub beträgt 1,27 m.

Eine weitere eigenartige Anordnung eines Bessemerwerkes für zwei Birnen ist zu Witkowitz gewählt. Sie ist in Fig. 60 und 61 dar-

Fig. 61.



Witkowitz, Grundriss.

gestellt und beruht in erster Linie auf der bereits Seite 71 (Fig. 9) beschriebenen Construction der Birnen zum zweiseitigen Ausguss.

Die beiden Birnen *B* sind zur Seite eines gemeinschaftlichen Kupolofens *E* angeordnet. Sie werden durch eine doppeltwirkende Dampfmaschine *W* gekippt. Jede Birne hat eine langgestreckte Giessgrube *G* an jeder Seite, an deren Rändern Schienen liegen. Die Giesspfanne *R* liegt

auf dem Wagen *S*, welcher auf der bereits S. 77 beschriebenen, durch Hebung der Schienen unter der Birne vermittelst eines hydraulischen Kolbens *T* gebildeten schiefen Ebene, unter die Birnenmündung gefahren werden und der Neigung derselben beim Ausgiessen folgen kann, wobei der Wagen gleichzeitig die entsprechende horizontale Bewegung mitmacht.

Auf gleiche Weise wird durch andere Wagen die Schlacke aufgenommen, welche direct zum Hochofen geht.

Die Anlage ist für zwei symmetrische Gruppen eingerichtet, von denen nur eine abgebildet ist.

Dasselbe Princip, die das flüssige Eisen enthaltende Giesspfanne auf einer rechtwinkelig zur Kippaxe der Birnen angelegten Bahn zu einer schlitzförmigen Giessgrube zu führen, ist auch in Neunkirchen zur Geltung gebracht; jedoch ist hier zwischen Birnen und Giessgrube zuvörderst ein Drehkran eingeschaltet, so dass dieselbe Pfanne jede der beiden Birnen bedienen kann und nur eine in der Mitte zwischen beiden liegende Giessgrube erforderlich geworden ist.

Eine ähnliche Anordnung, jedoch mit wesentlich weiterer Entfernung der Giessgrube und Einschaltung einer fahrbaren Giesspfanne, ist zu Bochum gewählt worden.

Hörde und Peine haben die bisherige Anordnung ganz verlassen und eine locomobile Giesspfanne für die nun in der Dreizahl neben einander stehenden Birnen einer Gruppe gewählt, welche, vor den Birnen entlang fahrend, alle bedienen und jedesmals nach der Füllung sofort in ein besonderes Giesshaus gebracht werden kann.

Die Anordnung zu Peine, welche nach der Ansicht des Verfassers allen Anforderungen vollständig entspricht, ist in den folgenden Figuren abgebildet.

In Fig. 62 (Taf. II) ist die Situation der ganzen Anlage dargestellt. Dieselbe ist in unmittelbarer Nähe des alten Puddelwerks erbaut. Sie umfasst die für sechs Birnen eingerichtete Thomashütte, sammt unmittelbar dahinter liegender Schmelzhütte. Während sich in einem getrennten Gebäude die Giesshütte an die Frischhütte anschliesst, liegen hinter der Schmelzhütte je drei Kalkbrennöfen von der auf Seite 101 angegebenen Construction. Vor der Thomashütte liegt das Maschinen- und das Kesselhaus. Die seitwärts der Schmelzhütte gelegene Fabrik der feuerfesten Materialien ist durch den Raum zum Trocknen der theerbasischen Massen mit dem Kupolofengebäude verbunden.

In der Fortsetzung der Giesshütte liegt getrennt durch einen ziemlich weiten Zwischenraum das Walzwerk.

In den Fig. 63, 64 und 65 (Taf. III) ist die Bessemerhütte im grösseren Maassstabe im Grundriss und den beiden rechtwinklig zu einander stehenden Aufrissen abgebildet.

Man ersieht, dass die sechs Birnen zwar in drei Paaren angeordnet sind; indessen gelangten nur die drei im Aufriss gezeichneten Birnen

sogleich zur Ausführung und werden jetzt, da Bedarf eingetreten ist, durch eine vierte Birne, später erst durch die ganze ebenfalls drei Birnen umfassende zweite Gruppe vermehrt werden. Ebenso sind von den sechs Schmelzöfen gegenwärtig nur drei ausgeführt [1]).

Die Abmessungen sind im Wesentlichen folgende: Das für sechs Birnen berechnete Frischgebäude ist im Lichten 52 m lang und 16 m tief. Die drei zu einer Gruppe gehörenden Birnen sind je 7 m vom Mittel zu Mittel von einander entfernt und liegen mit der Kippaxe 5,5 m über der Hüttensohle. Hinter der Frischhütte liegt die Schmelzhütte von 44 m Länge und 16,5 m Tiefe. Die drei Kupolöfen stehen 10 m hinter der Birnenmitte und 6,5 m über der Hüttensohle, während der Beschickungsboden, von welchem gleichzeitig auch die Kalkzuschläge durch Rinnen in die Birnen geführt werden, 11,5 m über der Hüttensohle angelegt ist.

Die die Giesspfanne tragende Locomotive fährt auf einem vom Birnenmittel $4^1/_2$ m entfernten Geleise und befördert das Flusseisen in die 52 m lange und 15 m tiefe Giesshalle.

Die übrigen Einzelheiten ergeben sich hinreichend aus den Zeichnungen, welche der Verfasser der liebenswürdigen Bereitwilligkeit der Direction der Ilseder Werke verdankt.

Die Neuanlage zu Königshütte in Oberschlesien folgt demselben Plane, die zu Friedenshütte unterscheidet sich hauptsächlich nur dadurch, dass der Ausguss des Flusseisens nach der entgegengesetzten Seite erfolgt. In Rhymney wird die aus der Birnenhalle fortgefahrene Giesspfanne von einem in der Giesshalle aufgestellten Drehkrane aufgenommen. Diese Einrichtungen sind bereits im fünften Abschnitte besprochen worden.

Sämmtliche Hütten, welche den basischen Bessemerprocess eingeführt haben, bedienen sich verhältnissmässig grosser Birnen. Die kleinen Apparate, welche zuerst in Schweden für den sauren Process eingeführt wurden, und deren man sich in etwas veränderter Form noch jetzt für kleine Einsätze bis zu 170 kg hinab dort mit Erfolg bedient [2]), sind bisher für den basischen Process noch nicht versucht worden. Für ihre erfolgreiche Anwendung würde eine besonders sorgfältige Anwärmung vor dem Einsatze des Roheisens und eine sehr starke Erhitzung des Zuschlagkalks Bedingung sein.

---

[1]) Vergl.: Die Ilseder Hütte von 1858 bis auf die neueste Zeit, Hannover 1884. — [2]) Beschreibungen finden sich in der Oesterreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1883, S. 99 und 1884, S. 5, sowie in der Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1884, S. 415.

N
ein

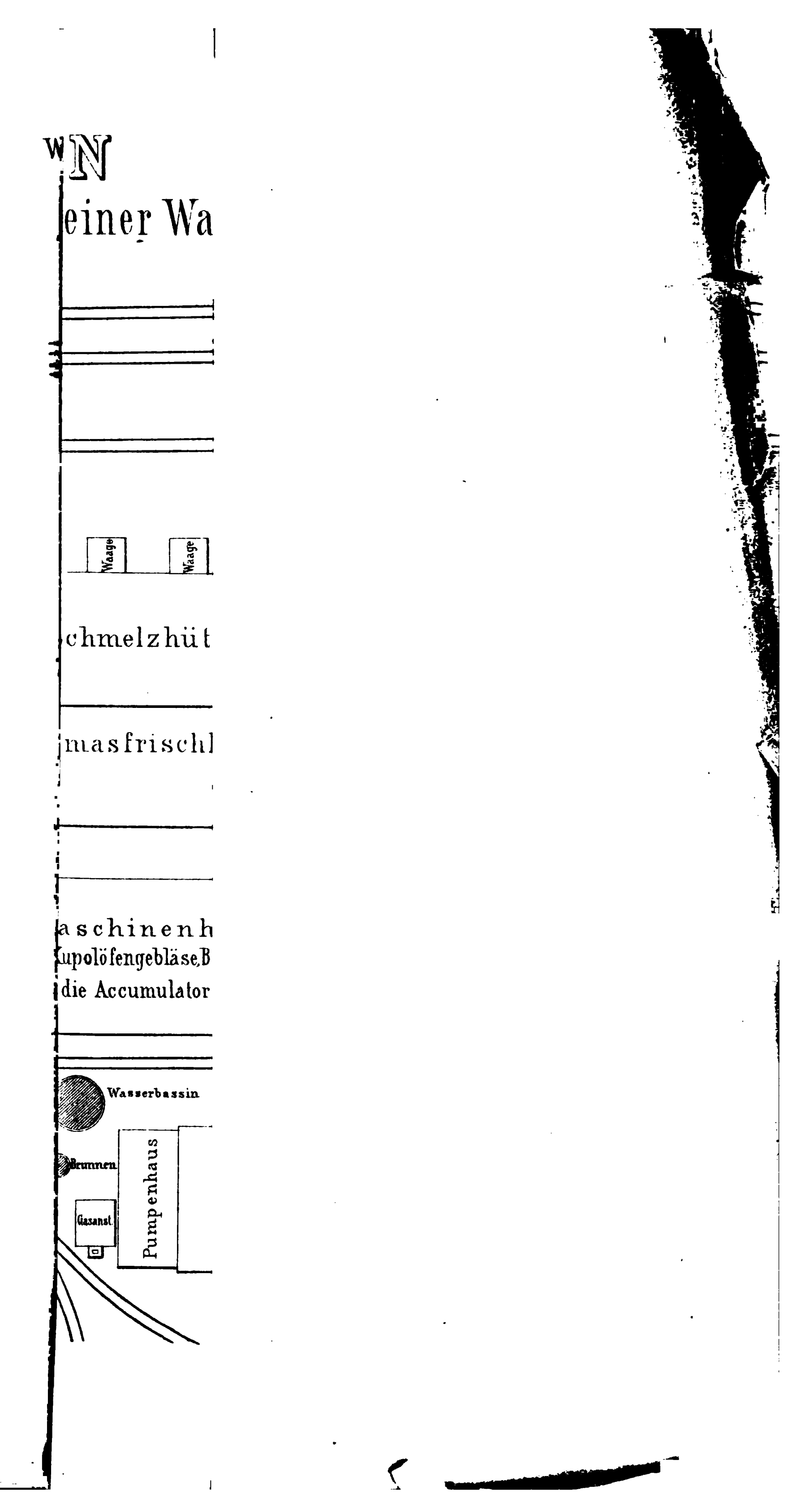
chr

ma

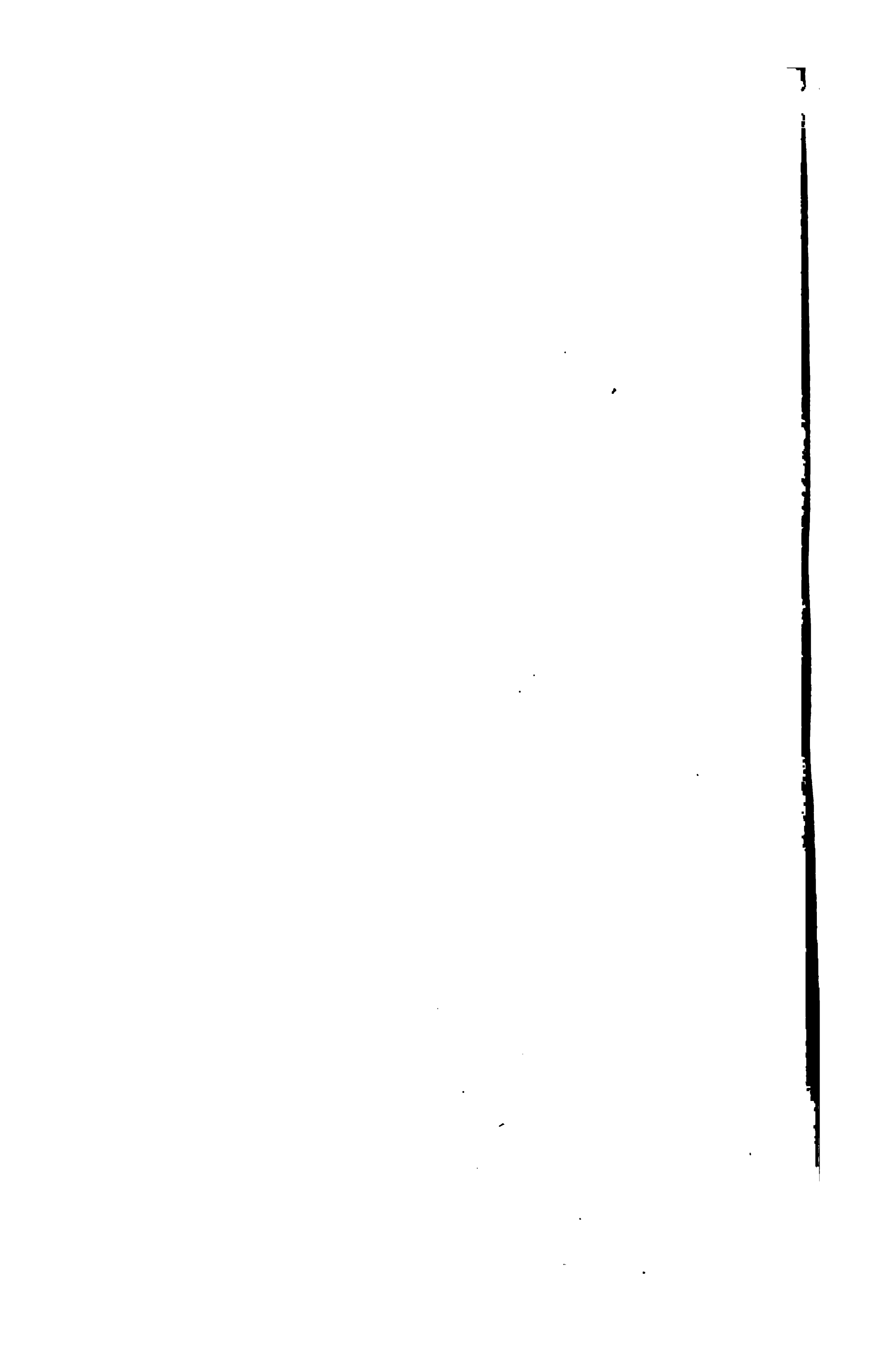
as
upo
die

Bru

Ga



N
einer Wa
Waage
Waage
chmelzhüt
masfrischl
aschinenh
upolöfengebläse.B
die Accumulator
Wasserbassin
Brunnen
Gasanst.
Pumpenhaus

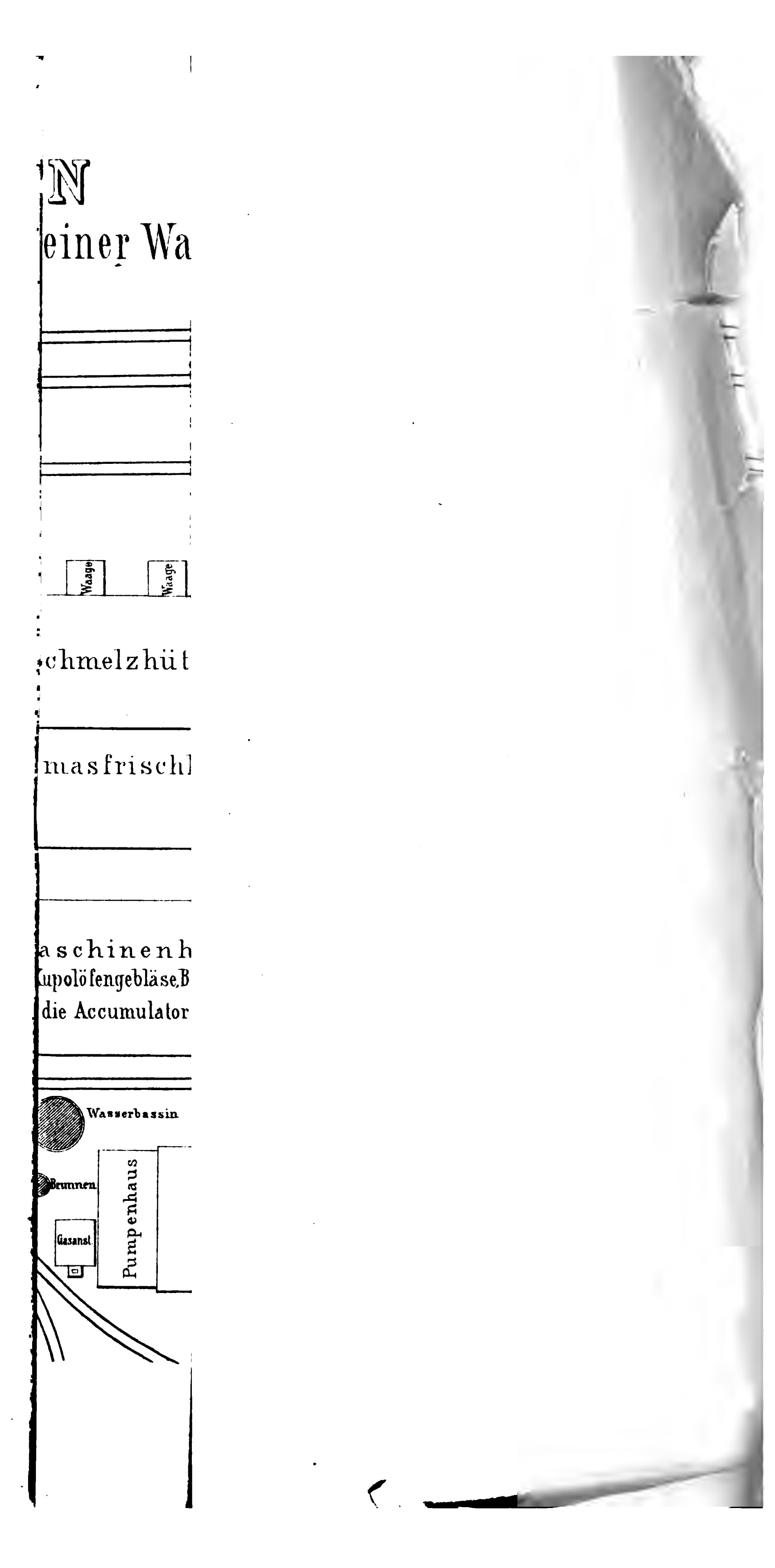


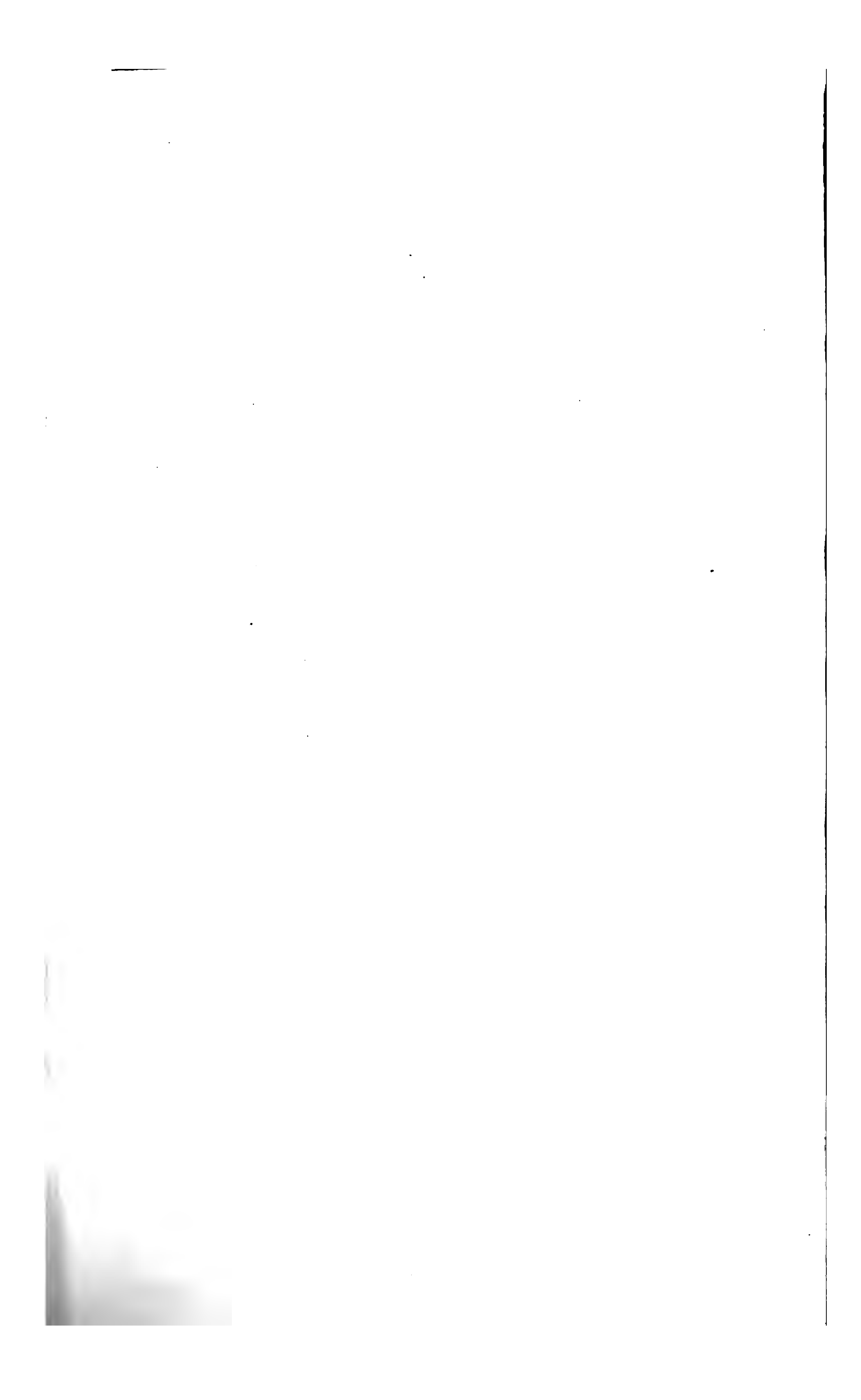
N
ein

ch

m

a s
upe
die


N
einer Wa
Waage
Waage
chmelzhüt
masfrischl
aschinenh
Kupolöfengebläse,B
die Accumulator
Wasserbassin
Brunnen
Gasanst.
Pumpenhaus



ACHTER ABSCHNITT.

VERWERTHUNG

DER

BASISCHEN BESSEMERSCHLACKE.

Die Schlacke vom basischen Bessemerprocesse enthält bis auf einen verhältnissmässig geringen Antheil den gesammten Phosphorgehalt des Roheisens in Form von Phosphorsäure. Der Rest des Phosphors verschwindet und zwar theils vielleicht durch Verflüchtigung, hauptsächlich aber in Form von Auswürfen, die ihn am Schlusse des Processes ebenfalls in Form von Calciumphosphat enthalten, in früheren Zeiten aber meist in Form von Phosphoreisen [1]). Die Grösse des Phosphorverlustes berechnet Kupelwieser [2]) auf 40,2 Procent. In dem zu Grunde gelegten Falle waren 121,21 kg Phosphor auf dem Roheisen abgeschieden, 72,42 kg fanden sich in der Schlacke, also waren 48,79 Proc. verloren.

Einzelne Schlackenanalysen sind bereits Seite 141 u. f. mitgetheilt. Hasenclever fand die durchschnittliche Zusammensetzung der Schlacken deutscher Werke wie folgt [3]):

	A. Procent	B. Procent	C. Procent
Phosphorsäure	16,79	17,23	19,20
Kieselsäure	7,35	6,60	7,20
Kalkerde	50,66	53,28	49,00
Magnesia	7,13	2,50	3,75
Eisenoxyd	3,98	4,40	4,83
Eisenoxydul	7,85	10,66	9,00
Manganoxydul	4,71	3,40	4,26
Schwefelcalcium	1,06	1,06	0,92

Die naheliegendste Verwerthung einer solchen Schlacke ist die Rückgabe in den Hochofen, wobei die grosse Menge Kalkerde und Magnesia bei kieselsäure- oder thonerdereichen Erzen günstig wirken muss, während

1) Nach Stead (Stahl und Eisen 1883, S. 260) waren Auswürfe folgendermaassen zusammengesetzt:

Metallisches Eisen	70,30	Silicium	0,63
Eisenoxydul	14,50	Sand (Verunreinig.)	13,18
Mangan	0,11	Phosphor	0,05
Kohlenstoff	1,01	Schwefel	0,06

2) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1880, S. 396. — 3) Zeitschr. deutsch. Ingenieure 1884, S. 207.

die Phosphorsäure reducirt in das Roheisen geht, um beim basischen Process von Neuem als Brennmaterial zu wirken. Man hat auf diese Weise ohne Schwierigkeit im Grossen 7 Proc., versuchsweise 20 Proc. und mehr Phosphor haltendes Roheisen (Ferrophosphor) producirt.

Indessen ist mit der hohen Phosphorreduction auch eine nicht unbedeutende Phosphorverschlackung verbunden, wie Hilgenstock zu Hörde [1]) nachgewiesen hat.

Bei einem Phosphorgehalt des Roheisens von

3,61	Proc.	hatte	die	Schlacke	an	Phosphor	0,18	Proc.
3,79	„	„	„	„	„	„	0,19	„
4,57	„	„	„	„	„	„	0,38	„
6,07	„	„	„	„	„	„	1,22	„
6,24	„	„	„	„	„	„	1,74	„
7,20	„	„	„	„	„	„	2,39	„

Aus diesem Grunde hat auch dies Verfahren seine Grenzen. Dazu kommt, dass die schon jetzt erzeugte Schlackenmenge von basischen Processen Phosphor weit über den Bedarf hinaus liefern würde.

Die Form, in welcher die Phosphorsäure in der Schlacke enthalten ist, kann, wie bereits früher aus einander gesetzt wurde, fast ausschliesslich als Kalkphosphat angenommen werden, wenn sich auch noch Rückstände von Eisenphosphat, welche nicht vollkommen zersetzt wurden, vorfinden mögen.

Liegt auch die Wahrscheinlichkeit vor, dass der grösste Theil der Phosphorsäure als dreibasisches Phosphat gebunden ist, also $Ca_3P_2O_8$ bildet, so scheiden sich doch aus dieser Schlacke auch dünne, hornartig durchscheinende, tafelartige Krystalle aus, welche nach Hilgenstock's Untersuchungen [2]) folgende Zusammensetzung haben:

61,16 Proc. Kalkerde,
34,46 „ Phosphorsäure,
1,90 „ Magnesia,
1,51 „ Manganoxydul,
0,91 „ Kieselsäure,

ausserdem geringe Mengen Eisen und Schwefelaluminium. Im möglichst rein ausgesonderten Zustande enthalten sie

61,10 Proc. Kalkerde und
38,14 „ Phosphorsäure,

haben also annähernd die einem vierbasischen Phosphat $Ca_4P_2O_9$ mit 61,20 Proc. Kalkerde und 38,80 Proc. Phosphorsäure zukommende Zusammensetzung.

Zu dem gleichen Resultate kamen Groddeck und Broockmann in Clausthal, welche ausserdem feststellten, dass die Härte der braun, selten blau oder schwärzlich gefärbten Krystalle 3,5 sei.

[1]) Stahl und Eisen 1884, S. 5. — [2]) Stahl und Eisen 1883, S. 498.

Dieser Reichthum an Calciumphosphat führte zu zahlreichen Versuchen, die Thomasschlacke zum Ackerbau zu verwerthen.

Einer directen Benutzung im gepulverten oder granulirten Zustande steht im Allgemeinen der Gehalt an Eisen- und Manganoxydul, sowie an Schwefelverbindungen, hauptsächlich aber die geringe Zersetzbarkeit der Silicate entgegen. Eine günstige Verwerthung kann nur im lockeren Boden, welcher gleichzeitig sauer ist (Moor- und Sumpfcultur), von statten gehen, obwohl auch dort die Aufschliessung durch die Humussäure langsam voran schreiten und die Auflockerung des Bodens im Anfange den Hauptvortheil bieten wird, während gleichzeitig eine allmähliche Zersetzung der Schwefelverbindungen eintritt, nach deren Vollendung sich erst die fruchtbringende Einwirkung der Phosphate zu erkennen geben kann [1]).

Für gewöhnliche Verhältnisse wird dagegen eine Aufschliessung der Schlacken nothwendig. Jedoch liegt hierbei ein erhebliches Hinderniss weniger in dem Eisen-, Manganoxydul und dem Kieselsäuregehalte, als besonders in dem Ueberschusse an freier Kalkerde.

Säuren dürfen nicht concentrirt angewandt werden, sonst coagulirt die Kieselsäure und hindert eine Filtration der Laugen; eine vollkommene Auflösung der ganzen Schlacke erfordert einerseits sehr grosse Säuremengen, andererseits die Nothwendigkeit, die gelöste Phosphorsäure in Form von Eisenoxydphosphat zu fällen [2]).

Ebenso wenig führt zu einem ökonomischen Ziele das von Croll empfohlene Verfahren des Schmelzens der Schlacke mit entwässertem Natriumcarbonat, Auslaugen der Schmelze und Fällen der Phosphorsäure durch Kalkmilch [3]). Der Erfinder erhoffte als Resultat ein phosphor- und schwefelfreies Eisenerz, ein assimilirbares Kalkphosphat und eine für die Seifenfabrikation brauchbare Lauge zu erhalten. Alles trifft zu, aber die Kosten sind zu hoch.

Günstiger wirken daher die Methoden, bei welchen nur die Erdphosphate und Silicate in Lösung gebracht werden, die Metalle der Hauptsache nach zurückbleiben.

Ein Aufschliessen mit Schwefelsäure hat kein genügendes Resultat [4]), weil dadurch ein sehr geringer Theil der Phosphorsäure in die lösliche Form übergeführt wird; denn der hohe Eisengehalt verhindert die Bildung in Wasser löslicher Salze.

Ein auf den Aufschluss durch Salzsäure gegründetes Verfahren hat Scheibler angegeben [5]): Nach demselben wird die Schlacke zuerst oxydirend geglüht, um die Oxydule in Oxyde oder Oxydoxydule überzuführen, die Stücke werden dann der Einwirkung von Wasserdampf ausgesetzt, wodurch in Folge der Bildung von Kalkoxydhydrat die

---

[1]) Stahl und Eisen 1882, II, S. 303. — [2]) Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1884, S. 206. — [3]) Vergl. Berggeist 1883, S. 106. — [4]) Stahl und Eisen 1882, II, S. 303. — [5]) Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1884, S. 207.

Schlacke zerfällt. Der in dem Pulver enthaltene freie Kalk wird durch Wasser abgeschlämmt. Zum Auflösen wendet man Salzsäure (nicht Schwefelsäure, die Calciumsulfat bilden würde) an, und zwar in einer solchen Menge, dass nur die an Kieselsäure und Phosphorsäure gebundenen Erdbasen in Lösung gehen, und ferner in möglichster Verdünnung. Man braucht für 1 kg Thomasschlacke $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Liter Salzsäure. Die Fällung geschieht auch hier durch Kalkmilch und wird so ausgeführt, dass entweder die Kieselsäure gleichzeitig mit der Phosphorsäure niedergeschlagen wird, oder dass durch nicht vollständige Neutralisirung nur die Erdphosphate, die geringen mitgelösten Quantitäten von Eisen und unwesentliche Mengen Kieselsäure gefällt werden, während die Hauptmenge der Kieselsäure in der Endlauge gelöst verbleibt und mit derselben abfliesst.

Das durch Filterpressen gewonnene Material ist dann direct für die Landwirthschaft verwerthbar oder kann durch Schwefelsäure in Superphosphat verwandelt werden. Es gelang nach Angabe von Hasenclever leicht, ein 35 bis 37 Proc. Phosphorsäure haltendes zweibasisches Calciumphosphat herzustellen.

Da sich das Vanadium fast genau so wie der Phosphor verhält, so geht auch die gesammte in den Erzen enthaltene Menge desselben schliesslich in die Schlacke des basischen Processes.

Nach Angabe von G. Witz und F. Osmond[1]) lässt sich das Vanadium daraus mit ökonomischem Vortheil in der Form von vanadinsaurem Natron gewinnen, welches für die Färberei wichtig ist.

Schon Thomas hatte im Jahre 1881 ein Patent auf das Verfahren, Salzsäure zum Aufschliessen anzuwenden, erhalten (R.-P. Nr. 13554), aber sein Bestreben war, die gesammte Schlacke aufzulösen, mit Kalk zu fällen und das Product durch Verschmelzen mit Kohle und schwefelsaurem Natron, mit oder ohne Zusatz von Kochsalz in Natriumphosphat und Eisenoxyd zu verwandeln. Dies Verfahren hat sich als unökonomisch herausgestellt.

Endlich hat unter R.-P. Nr. 27106 Frank ein Patent darauf erhalten, die Thomasschlacken durch Chlormagnesium zu zerlegen (um dadurch die Schwefelverbindungen zu zersetzen), den kaustischen Kalk auszuziehen und die Metalloxydule in Oxyde umzuwandeln. Der Endzweck ist die Herstellung von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia zur Düngung.

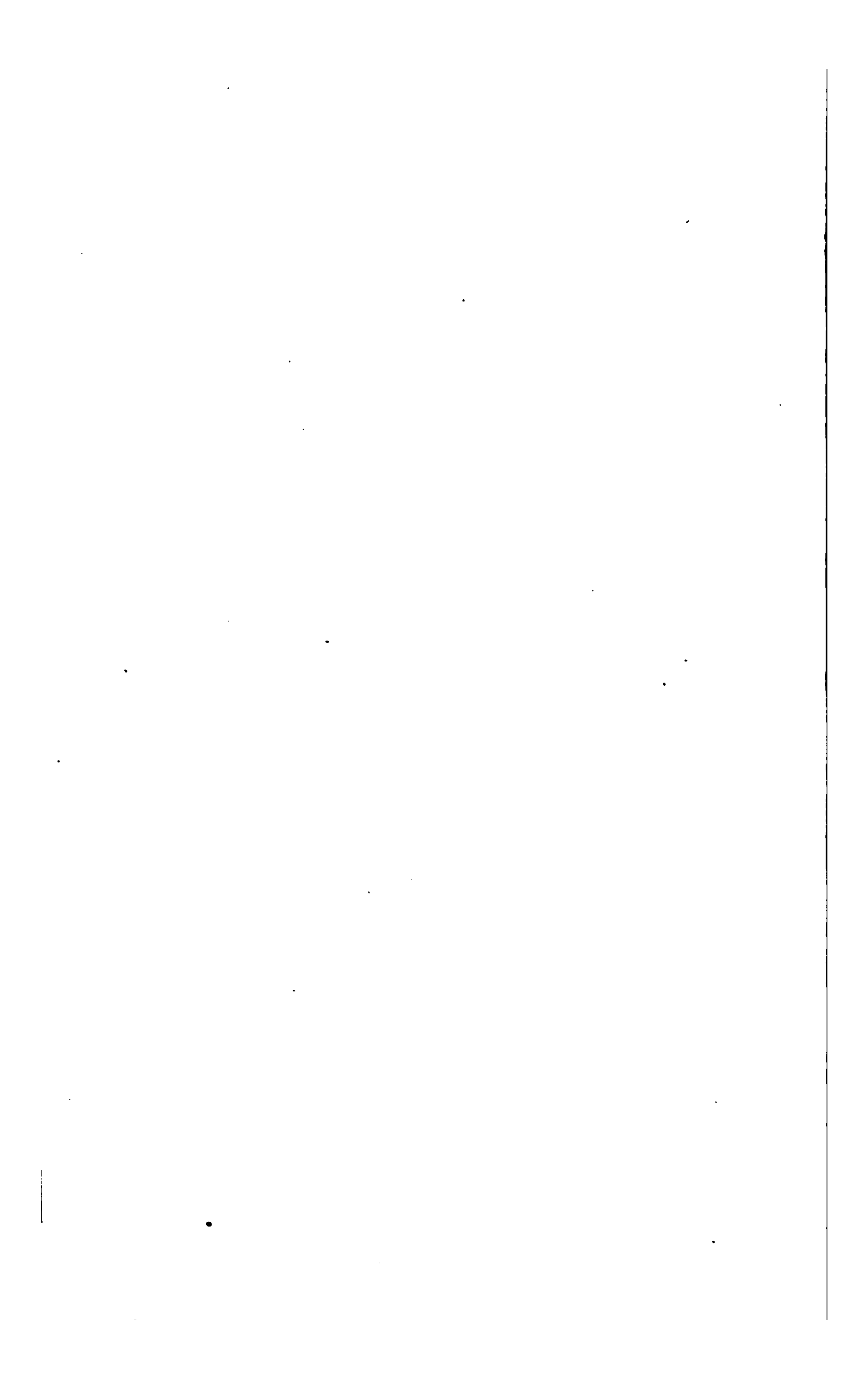
Die ökonomische Seite ist noch nicht erprobt; ein günstiger Erfolg wäre schon im Interesse der weiteren Verwerthung der Stassfurter Laugen sehr erwünscht.

---

[1]) Stahl und Eisen 1882, II, S. 509.

NEUNTER ABSCHNITT.

ENTPHOSPHORUNG IM FLAMMOFEN.



Nachdem die Entphosphorung des Roheisens in der Bessemerbirne gelungen war, lag es nahe den Versuch zu machen, zu dem gleichen Zwecke auch den Flammofen zu benutzen und denselben Erfolg zu erwarten, wenn die Oxydation bei Ausschluss von Kieselsäure vorgenommen würde. Alle diese Versuche konnten sich selbstverständlich nur auf Flusseisenerzeugung richten, denn dass bei Schweisseisendarstellung die Entphosphorung nur unvollständig und dann am besten vor der Entkohlung stattfinde, wusste man vom Puddelprocess her.

Der Versuch, das Roheisen vor der Weiterbearbeitung in der Bessemerbirne, also im Kupolofen, zu entphosphoren, hätte von vornherein ausgeschlossen werden sollen, da ja gerade der Phosphorgehalt ein werthvolles Brennmaterial für den Bessemerprocess ist.

Nichtsdestoweniger ist ein basisch ausgefütterter Kupolofen vielfach vorgeschlagen worden, so von Dittmann, welcher nur den Herd basisch füttern, aber mit dem Roheisen und dem Koks Dolomit aufgeben, von Brauns, welcher den Kupolofen mit Kalk und Eisenoxyd ausstampfen und das Eisen unter beständiger Abzapfung der Schlacke schmelzen wollte. Uebrigens waren basisch ausgefütterte Kupolöfen schon in viel früheren Zeiten zu gleichem Zwecke versucht worden, z. B. von Anderson, Wood, Warner, Bell und Stead[1]).

Zudem wirkt thatsächlich ein solcher Ofen nur unvollkommen entphosphorend, da jede Berührung des kohlenstoffhaltigen Eisens mit der Schlacke eine erneute Reduction der Phosphorsäure zur Folge hat, wie sich aus den Erörterungen des sechsten Abschnittes folgern lässt.

Es blieb mithin im Wesentlichen nur der Flusseisenflammofen, und dieser ist auch thatsächlich nach seiner Auskleidung mit einem basischem Herde zur Entphosphorung erfolgreich eingeführt worden.

Die Flammöfen zu diesem Zwecke sind in ganz gleicher Weise erbaut, wie die für den analogen sauren Process[2]), nur Boden und Wände sind aus basischem Materiale. Zwar wäre es vortheilhaft, das Gewölbe ebenfalls aus basischen Steinen herzustellen, aber man hat bisher kein brauchbares Material hierzu schaffen können.

---

[1]) Vergl. Abthl. III, S. 263 u. 569, Brit. Specific. 1761, Nr. 759; 1763, Nr. 794; Journ. des mines, tom. IX, p. 8 u. a. a. O. — [2]) Vergl. Abthl. III, S. 536 u. f.

Basisches Material. Als basisches Material dient theils das Gemisch aus gebranntem Dolomit und entwässertem Steinkohlentheer (17 bis 18 Gewichtstheile [1]), theils blosser Dolomit.

Die Wände werden hieraus nach Schablonen aufgestampft und zwar in einzelnen etwa 50 mm starken Schichten mit angewärmten eisernen Stösseln. Der Boden wird der Regel nach ohne Theerzusatz, nur aus Dolomit aufgestampft. Er erhält eine Stärke von 180 mm.

Das saure Gewölbe erhält seine Stütze nicht auf den Wandungen, sondern wird durch ein besonderes eisernes Gerüst getragen. Die Wände werden an den Anschlusspunkten durch eine Schicht eines Gemenges von Chromeisenstein mit Theer (Alexandrowsky [2]) oder Bauxit (Creusot [3]) isolirt.

Der fertige Ofen wird zuvörderst mit Blechplatten ausgekleidet und dann erst stark erhitzt, da ohne diese Vorsichtsmaassregel der Theer ganz verbrennen und nicht den zur Frittung nothwendigen Kohlenstoffrückstand geben würde.

Der Vorgang. Das phosphorhaltige Roheisen wird in Mengen von durchschnittlich 15 Tonnen im Ofen selbst bei geschlossenen Arbeitsthüren eingeschmolzen, oder aus dem Hoch- oder Kupolofen flüssig herbeigefahren. Sofort nach dem Einschmelzen wird auf das flüssige Bad eine Schicht von gebranntem Kalke gestreut. Die sich bildende Schlacke wird, je nach der Art der Arbeit, Abfallschmiedeisen oder Eisenerz zur Herabminderung des Kohlenstoffes in drei bis vier Abtheilungen hinzugesetzt. Jedesmal nach dem Einsatze des Eisens oder Erzes wird sogleich Kalk nachgesetzt. Die Schlacke wird vor dem Einsatze und besonders sorgfältig vor dem Schlusszusatze von Spiegeleisen oder Ferromangan gezogen. Auf jede Tonne Einsatzeisen rechnet man mindestens eine Minute Arbeitszeit.

Zur Beförderung der Entphosphorung hat Würtenberger in Ruhrort das Einblasen von Luft vorgeschlagen und auch mit Erfolg durchgeführt. Die Schwierigkeit der Herstellung geeigneter Apparate hat derselbe durch eine besondere (mittelst der Patente 10815 und 13679 geschützte) Vorrichtung überwunden. Eine oder mehrere parallele schmiedeiserne Röhren, welche mit feuerfestem Material umhüllt sind, ragen horizontal in den Ofen, haben in der Mitte des Herdes eine Umbiegung und tauchen mit ihren Rüsseln bis zu angemessener Tiefe unter die Oberfläche des Metallbades. Mit dem Hauptrohre ist ein Behälter verbunden, aus dem noch zur Verflüssigung der Schlacke beitragende Substanzen eingeblasen werden können.

In Anwendung steht diese Einrichtung auf der Phönixhütte zu Ruhrort, hat aber, wie es scheint, eine weitere Verbreitung nicht ge-

---

[1]) Vergleiche S. 56. — [2]) Tellander, Eisen und Stahl 1882, S. 599. — [3]) Ancre de St. Dizier, 21. März 1883.

funden, da sich der Sauerstoff von Eisenerzen als besseres Oxydationsmittel gezeigt hat.

In ähnlicher Weise wie die Würtenberger'sche Form liesse sich auch der (unter Nr. 17143 patentirte) Frischkolben von Hädicke benutzen, welcher aus einem vertical in das Metallbad einzutauchenden Rohre besteht, zu dessen Haltbarkeit eine dasselbe umgebende mit Wasser gekühlte Hülle dient.

Ein etwas abweichendes Verfahren ist von Garnier in Frankreich versucht worden [1]). Hiernach soll auf der festen Sohle des Ofens, welche aus Kalk, Dolomit, Magnesit oder aus Thonerde, Chromoxyd etc. besteht, eine zweite aus ungebranntem Calciumkarbonat bestehende lockere Sohle aufgebracht werden. Diese letztere erhält eine schwache Decke von Eisenerz. Die Oberfläche wird durch starkes Feuer gesintert und dient dem flüssig eingeleiteten Roheisen als Unterlage. Die aufsteigende Kohlensäure, welche sich bei der allmählichen Erhitzung und Zersetzung der losen Sohle entwickelt, soll oxydirend auf das Metallbad wirken. Wahrscheinlich besteht die Hauptreaction in der Umrührung des Eisenbades mit den sich gleichzeitig vom Boden lösenden Eisenerzen. Vor jeder neuen Hitze wird die lose Sohle erneuert. Das Verfahren ist zu Aubin in Frankreich und zu Königshütte in Oberschlesien versucht worden.

Analysen von Aubin ergaben bei einer Zusammensetzung des Roheisens von:

2,73 Proc. Kohlenstoff,
2,56 „ Silicium,
0,47 „ Phosphor,
0,20 „ Schwefel,
0,60 „ Mangan

die der Schienen, welche unter Zusatz reinen Schrotts und Ferromangans erzeugt waren:

0,37 Proc. Kohlenstoff,
0,14 „ Silicium,
0,12 „ Phosphor,
0,20 „ Schwefel,
0,65 „ Mangan.

Combinationen des Flammofenprocesses mit anderen Processen sind bereits bei Gelegenheit des Krupp'schen Verfahrens (S. 12 u. f.) beschrieben worden.

Die Entphosphorung in dem basischen Flammofen ist erheblich kostspieliger als die in der Bessemerbirne, daher nur für Qualitätseisen geeignet. Im Uebrigen aber hat sie den Vortheil, dass auch Eisen von geringem

---

[1]) Métallurgie et la construction mécanique 1881, Nr. 23 und Stahl und Eisen 1883, II, S. 518.

Phosphorgehalt bequem verarbeitet werden kann. Wenn Erzstahlarbeit getrieben wird, lassen sich phosphorhaltige Erze ohne Nachtheil [1]) benutzen.

Zum Schlusse möge noch der Vorschlag Osann's (D. R.-P. Nr. 9898) Erwähnung finden, die Entkieselung in der sauren Bessemerbirne, die Entphosphorung im basisch gefütterten Flammofen stattfinden zu lassen, ein Vorschlag, der zwar ausführbar erscheint, aber durch den günstigen Erfolg des einfachen Flammofenprocesses überholt worden ist.

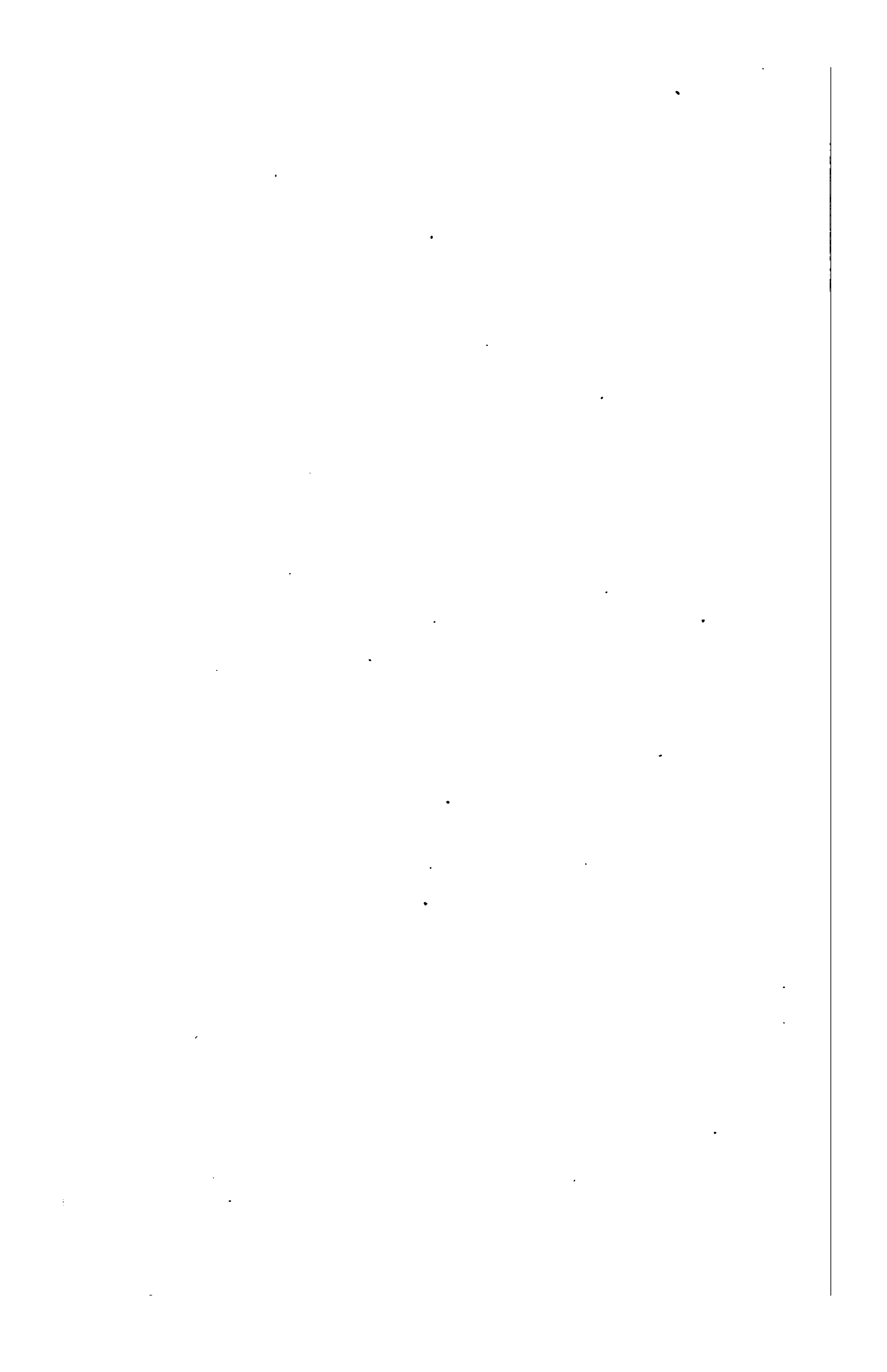
[1]) Vergl. Abthl. III, S. 497 und 547.

ZEHNTER ABSCHNITT.

ÖKONOMISCHER ERFOLG

DES

BASISCHEN BESSEMERPROCESSES.



Selten hat ein eisenhüttenmännischer Process einen so schnellen Erfolg aufzuweisen gehabt, wie der basische Bessemerprocess. In unvergleichlich viel kürzerer Zeit als der grundlegende saure Process hat er seine Runde durch die Welt gemacht und seinen dauernden Einzug in Deutschland gehalten, wo das Vorkommen fast ausnahmlos stark phosphorhaltiger Erze ihm ein günstigeres Feld bereitete, als in Nordamerika, England und selbst Frankreich. Für diesen eigenthümlichen Erfolg ist das deutsche Patentgesetz nicht zum Wenigsten zu preisen.

Nach dem altpreussischen Verfahren wäre unter Berücksichtigung der zahlreichen Vorgänge, welche den Weg für die Erfindung von Thomas bezeichneten, unter Berücksichtigung der eigenen Veröffentlichungen des Erfinders vor seiner Anmeldung ein Patent unmöglich gewesen, nach dem deutschen Patentgesetze mit seinen freieren Anschauungen selbst war die Lage zweifelhaft. Unvergesslich werden den Theilnehmern an jener mündlichen Verhandlung vom 21. November 1879, aus welcher am späten Abend die Zuerkennung des Patentes mit der Neuformulirung des Patentanspruchs, bestehend in der Combination der drei neuen Momente des Entphosphorungsverfahrens hervorging, die spannenden Verhandlungen sein, welche bald zu Gunsten des Erfinders, bald zu Gunsten der Einsprechenden zu entscheiden schienen. Nur dadurch, das sich das Patentamt von dem engen Standpunkte des Gesetzesbuchstaben frei machte, dass es die Bedeutung der Sache anerkannte und die dem Wortlaute der Anmeldung nach klein erscheinenden Abweichungen der Anmeldung von Bekanntem als erhebliche Neuerung, d. h. als Erfindung auffasste, und dadurch, dass es die genügende Klarheit der eingereichten Anmeldung zur Ausführung durch einen Sachverständigen deshalb anerkannte, weil der freilich in eine wenig gelungene Form gekleidete Inhalt hinreichend deutlich erschienen war, um eine jeden Zweifel ausschliessende Umarbeitung der Beschreibung zuzulassen, konnte Deutschland die Wohlthat des Patentes erhalten; denn darüber herrscht kein Zweifel, dass die Patentinhaber, der Hörder Bergwerks- und Hüttenverein und die Rheinischen Stahlwerke, sich gehütet haben würden, diese sorgfältigen und langwierigen Versuche zu machen, ohne die der Process nicht praktisch durchführbar hätte werden können, wenn ihnen der Patentschutz gefehlt hätte.

Diese beiden Dinge, die in Deutschland reichlich vorhandene Grundlage für Herstellung eines phosphorhaltigen Roheisens und der Patentschutz, haben die schnelle Entwickelung des Processes hervorgerufen; die baldige Erkenntniss von der Möglichkeit, aus dem geeigneten Rohmaterial ein so kohlenstoffarmes Flusseisen herzustellen, wie es durch den sauren Process selbst aus dem besten Materiale nicht erblasen werden konnte, hat das Bestehen des Verfahrens gesichert. Noch sind nicht alle Schwierigkeiten überwunden. Die Schweissbarkeit, selbst des ganz weichen Eisens, lässt viel zu wünschen übrig; abgesehen von den Schwierigkeiten, welche jedes Flusseisen dem Schweissen entgegensetzt[1]), scheinen die Blasenräume des basisch erblasenen Flusseisens der Vereinigung ihrer Wandungen einen weit grösseren Widerstand entgegenzusetzen, vermuthlich, weil sie oft mit einer sehr dünnen Schicht Kalkstaub überzogen sind, welcher wohl mit den die Blasen bildenden Gasen in die Hohlräume übergeführt wird.

Immerhin ist aus einem früher nur durch den Puddelprocess verwerthbaren und selbst mit diesem nur schlechte Resultate gebenden Rohmaterial nunmehr ein gesuchter Stoff zur Darstellung eines viele, bis dahin ungekannte, gute Eigenschaften zeigenden Products geworden.

Gegenwärtig ist die Darstellung des Flusseisens mit dem basischen Processe noch immer theurer als mit dem sauren und zwar lediglich wegen der höheren Herstellungs- und Unterhaltungskosten des basischen Futters. Diese Kosten werden zwar einigermaassen, aber nicht ganz durch die billigere Beschaffung des Roheisens ausgeglichen. Es hängt daher die Einführung des basischen Processes an den einzelnen Orten hauptsächlich von der Absatzfähigkeit des Products ab, und im Grossen und Ganzen pflegt man dem sauren Processe für höher gekohlte Flusseisensorten, ganz besonders für Flussstahl den Vorzug zu geben, dagegen den basischen Process (wie z. B. auf den Rheinischen Stahlwerken neben jenem) für das kohlenstoffarme Flusseisen zu betreiben.

In Bezug auf das Roheisen gilt der allgemeine Satz, dass dessen Kosten im Verhältniss zu dem dabei nothwendig gewordenen Koksverbrauch stehen. Der Koksverbrauch hängt aber unter sonst gleichen Umständen, d. h. bei gleicher Reichhaltigkeit der Erze und gleicher Menge der erforderlichen Zuschläge, von der zur directen Reduction von Silicium, Mangan und Phosphor gebrauchten Kohlenstoffmenge ab. Dieselbe Wärmemenge indessen, welche beim Hochofenprocesse hierfür verwendet wurde, wird beim Bessemerprocesse wieder gewonnen.

Würde also keine Wärme durch Strahlung, Leitung oder für ausserhalb des eigentlichen Zwecks liegende Vorgänge verloren gehen, so würde jede Reductionswärmemenge, welche im Hochofen aufgewendet wird, bei der Oxydation der gleichen Elemente in der Birne wieder gewonnen werden.

---

[1]) Vergl. Verhandl. d. Vereins zur Beförderung d. Gewerbefl. 1883, S. 146 und Mittheilungen aus d. Königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1883, S. 70.

Von den hierbei in Betracht kommenden Elementen ist für den sauren Process das Silicium, für den basischen der Phosphor das maassgebende. Beide verhalten sich aber im Hochofen sehr verschieden. Je niedriger die Temperatur im Gestell des Hochofens ist, um so geringer fällt der Siliciumgehalt des Roheisens aus; nicht so verhält es sich mit dem Phosphor. Die Temperatur des Hochofens genügt stets, um in mässigen Grenzen bleibende Phosphorsäuremengen der Materialien vollständig zu reduciren. Man kann sich daher des Phosphors im Roheisen nicht erwehren, wie man es hinsichtlich des Siliciums und zwar um so leichter kann, je manganreicher die Beschickung ist. Aus diesem Grunde ist es ökonomisch, den basischen Process überall anzuwenden, wo die Materialien für die Roheisenerzeugung phosphorhaltig oder wenigstens so phosphorreich sind, dass der Phosphorgehalt im Roheisen die im schmiedbaren Eisen meist zulässige Grenze von 0,1 Proc. übersteigt.

Freilich ist auch hier wieder eine für den zweckmässigen basischen Betrieb erforderliche Minimalgrenze für den Phosphor gegeben, so dass, wie Seite 20 erörtert wurde, das zwischen den Grenzen von 0,1 und 2,0 Proc. Phosphorgehalt liegende Roheisen gegenwärtig keine Verwendung für den Bessemerprocess findet. Liegt also der Phosphorgehalt der Materialien innerhalb dieser Grenzen, so muss das Roheisen entweder für den Puddelprocess verwendet oder ein höherer Gehalt an Phosphor absichtlich in das Roheisen geführt werden, und dieser verbraucht die gleiche Wärmemenge, welche beim Nachblasen wieder gewonnen wird.

Je nach der Beschaffenheit der Erze gestalten sich die Selbstkosten des Roheisens auch bei sonst gleicher Beschaffenheit verschieden.

Am günstigsten sind z. B. die Verhältnisse der Ilseder Hütte, deren Erze keinerlei besonderer Gattirung bedürfen. Es genügt, die verschiedenen Erze von Gross-Bülten mit denen von Ohlei d. h. aus den verschiedenen Regionen am Nordwestrande des Harzes zu vermischen, um den erforderlichen Phosphor- und Mangangehalt in das Roheisen zu führen und dabei ein schwefelarmes Product zu erhalten. Hier betragen die Selbstkosten unter 40 Mk. pro Tonne.

Weniger günstig sind die Luxemburger Hütten daran. In den dortigen Erzen ist der Schwefelgehalt (0,5 bis 0,7, zuweilen bis 1,5 Procent) zu hoch, der Mangangehalt (weniger als 1 Proc.) zu gering, obwohl der Phosphorgehalt günstig ist. Man muss deshalb den dortigen Erzen schwefelfreie Manganerze von der Lahn zuführen.

Wieder etwas ungünstiger gestalten sich die Verhältnisse in Lothringen, wo im Gegensatz zu Luxemburg das kieselige Erz einen Kalkzuschlag erfordert, so dass z. B. im Jahre 1882 die Selbstkosten des Thomasroheisens in Luxemburg nur 41 gegen 43 Mark pro Tonne in Lothringen betrugen und sich etwa wie folgt zusammensetzten:

	Luxemburg	Lothringen
Eigenes Erz	5,6	5,1 Mk.
Fremdes „ (Nassauer) . . .	8,0	8,0 „
Kalkstein	—	0,9 „
Koks	21,1	22,6 „
Löhne	3,0	3,0 „
Sonstige Kosten	3,3	3,4 „
	41,0	42,0 Mk.

Im Saargebiet waren die Selbstkosten noch höher (beinahe 46 Mk.), in Westfalen, trotz des bequemen Bezugs von Puddel- und Schweissschlacke, am höchsten (durchschnittlich 48 bis 50 Mk., Minimum 47, Maximum 52).

Sollen aus den Roheisenpreisen die Kosten der Flusseisenblöcke berechnet werden, so ist zuvörderst der Roheisenabgang in Abzug zu bringen, oder soll der Selbstkostenpreis auf 1 Tonne Flusseisenblöcke bezogen werden, so sind dem Preise pro Tonne Roheisen der gleiche Preis des Abbrandes und die Kosten der Umwandlung hinzuzurechnen.

Letztere sind in Deutschland wie folgt für 1 Tonne Roheisen anzusetzen:

Ferromangan oder Spiegeleisen .	2,50	bis	5,15	Mk.
Arbeitslöhne	3,08	„	4,50	„
Maschinenkohlen [1])	0,82	„	1,30	„
Kupolofenkoks [1])	3,22	„	3,80	„
Gussformen	0,81	„	1,25	„
Zuschlagskalk	0,25	„	2,50	„
Basisches Futter	3,32	„	4,00	„
Reparaturkosten	2,00	„	2,30	„
Zinsen und Amortisation [2]) . . .	1,00	„	1,00	„
Allgemeines	4,50	„	4,80	„
	21,50		30,60	Mk.

Dies macht also z. B. bei

40,00 Mk.	und	bei	32,50	Mk.	Roheisenpreis
6,00 „	„	„	4,87	„	Abbrand [3])
20,50 „	„	„	30,60	„	Umwandlungskosten
66,50 Mk.			67,97	Mk.	für die Tonne Blöcke.

Der niedrigere Satz gilt für weiche Flusseisensorten. Härtere Nummern, welche Spiegeleisenzusatz bedürfen, fallen theurer aus. Man braucht statt 1,50 für Ferromangan, 4,50 bis 6,50 im Durchschnitt 5,20 Mk. für Spiegeleisen, und die Tonne Blöcke kostet dann bis 71,70, ja 75,70 Mk.

[1]) Einschliesslich Wärmmaterial. — [2]) Eine basische Dreibirnenanlage kostet rund 1 Million Mark. — [3]) 15 Proc.

Die Mehrausgaben des basischen gegen den sauren Process entstehen aus dem basischen Futter, dem Kalkzuschlag, den häufigen Reparaturen und den höheren Arbeitslöhnen. Man kann die Mehrkosten für eine Tonne Blöcke auf 4,60 Mk. veranschlagen. Dies muss durch die Minderkosten des Roheisens ausgeglichen werden, was möglich ist, da das letztere aus geringwerthigen Erzen und wegen seiner chemischen Beschaffenheit (Silicium- und Graphitarmuth) bei geringerem Brennmaterialaufwand erblasen werden kann.

Zu den eigentlichen Selbstkosten treten noch die Patentabgaben, welche nicht unbeträchtlich sind. Die meisten deutschen Werke geben an die Patentinhaber 3,5 Mk. pro Tonne, andere haben sich mit einem Pauschquantum abgekauft [1]), so die schlesischen Hütten (Laurahütte und Oberschlesischer Eisenbahnbedarf) mit je 150,000 Mk., Phönix und Gutehoffnungshütte mit je 350 000 Mk., Union und Bochum mit je 450 000 bezw. 400 000 Mk.

Der Beweis, dass die Producte des basischen Processes die Concurrenz mit denen des sauren auszuhalten vermögen, wenn die Anlage des Werks auf gesunden Grundlagen beruht, beweist die beständige Ausdehnung der Thomaswerke.

Es bestehen [2]) folgende Werke:

1) In Deutschland.

a. Ruhrbezirk.

1. Hörder Hütte	3 Birnen	zu 10 t,	zusammen	30 t	Inhalt
2. Rheinische Stahlwerke .	2 „	„ 6,5 t,	„	13 t	„
3. Bochum	3 „	„ 4,5 t,	„	13,5 t	„
4. Oberhausen	2 „	„ 6 t,	„	12 t	„
5. Union Dortmund . .	2 „	„ 9,5 t,	„	19 t	„
6. Hoesch, Dortmund . .	3 „	„ 10 t,	„	30 [3]) t	„
7. Phönix, Laar	3 „	„ 10 t,	„	30 t	„

b. Aachener Bezirk.

8. Rothe Erde . . . . 3 Birnen zu 10 t, zusammen 30 t Inhalt

c. Provinz Hannover.

9. Peine (Ilsede) . . . 4 Birnen zu 10 t, zusammen 40 t Inhalt

d. Saarbezirk.

10. Neunkirchen (Stumm) . 2 Birnen zu 10 t, zusammen 20 t Inhalt

---

[1]) Nach Ancre de St. Dizier 1884, Nr. 2462. — [2]) Unter Benutzung der freundlichst von Herrn Osann, Schriftführer d. Vereins deutscher Eisenhüttenleute eingezogenen Nachrichten. — [3]) Im Bau.

e. Lothringen und Luxemburg.

11. Hayingen (de Wendel) .	4 Birnen zu 8 t, zusammen 32	t Inhalt
12. Luxemb. Eisenh. A. G. in Dudlingen . . .	4 „ „ 10 t, „ 40	t „

f. Oberschlesien.

13. Friedenshütte (Eisenbahnbedarf[1]) . . .	3 Birnen zu 10 t, zusammen 30	t Inhalt
14. Königshütte[2]) . . .	2 „ „ 10 t, „ 20	t „
„ . . .	1 „ „ 7,5 t, „ 7,5	t „

2) Oesterreich.

a. Böhmen.

Kladno	3 Birnen zu 5 t, zusammen 15	t Inhalt
Teplitz	2 „ „ 6,5 t, „ 13	t „

b. Mähren.

Witkowitz	2 Birnen zu 8 t, zusammen 16	t Inhalt

3) Russland.

Warschauer Stahlwerk . .	2 Birnen zu 10 t, zusammen 20	t Inhalt

4) Belgien.

Angleur	2 Birnen zu 6 t, zusammen 12	t Inhalt
Athus	2 „ „ 10 t, „ 20	t „

5) Frankreich.

Creusot (Schneider)[3]) . .	2 Birnen zu 7 t, zusammen 14	t Inhalt
Joeuf	4 „ „ 10 t, „ 40	t „
Commentry	2 „ „ 10 t, „ 20	t „
Mont St. Martin, Longwy .	3 „ „ 10 t, „ 30	t „
Valenciennes	2 „ „ 10 t, „ 20	t „

6) England und Schottland.

Eston (Bolckow, Vaughan & Co., Middlesborough) .	6 Birnen zu 15 t, zusammen 90	t Inhalt

[1]) Im Bau. — [2]) Im Bau. — [3]) Neuerdings angeblich wieder eingestellt (Stahl und Eisen 1883, S. 375).

North-Eastern Steel Co. (Middlesborough) . .	4	Birnen	zu	10 t,	zusammen	40 t	Inhalt
Sellerhall Co., Middlesbor. .	1	„	„	4 t,	„	4 t	„
Staffordshire Steel and Ingot Works	3	„	„	5 t,	„	15 t	„
Merry and Cunningham, Glengarnock	2	„	„	9 t,	„	18 t	„
Glasgow Iron Co., Wishaw.	3	„	„	7 t,	„	21 t	„

7) Nordamerika.

Harrisburgh	2	Birnen	zu	10 t,	zusammen	20 t	Inhalt

Zusammen in

Deutschland	auf	13	Hütten	mit	41	Birnen	von	367	Tonnen	Fassung
Oesterreich	„	3	„	„	7	„	„	44	„	„
Russland	„	1	„	„	2	„	„	20	„	„
Belgien	„	2	„	„	4	„	„	32	„	„
Frankreich	„	5	„	„	13	„	„	124	„	„
England	„	6	„	„	19	„	„	188	„	„
Nordamerika	„	1	„	„	2	„	„	20	„	„
Im Ganzen	also	31	Hütten	mit	85	Birnen	von	795	Tonnen	Fassung

Diese mit 10 Hitzen in 24 Stunden bei 300 Arbeitstagen würden 2 555 000 Tonnen Roheisen verarbeiten können. Da die Füllung indessen nur zu 70 bis 80 Proc., das Ausbringen zu 68 Proc. angenommen werden kann, so würde daraus eine Production von rund 1,1 Million Tonnen sich ergeben; da ferner von 2 bis 3 Birnen nur je eine in Betrieb steht, so vermindert sich dieses Quantum auf rund 500 000 bis 600 000 Tonnen.

Nach Gilchrist[1]) ist thatsächlich die gegenwärtige Production der basischen Werke 572 604 Tonnen, welche sich indessen durch den weiteren Zuwachs von 9 Birnen in England, 25 auf dem Festlande auf 1 196 600 Tonnen steigern wird. Nach Transenster[2]) ist die Production der ganzen Welt an Flusseisen 6 500 000 Tonnen. Es entfällt daher noch ein sehr beträchtlicher Theil auf den sauren Process.

Die voraussichtliche Weiterentwickelung des basischen Bessemerprocesses gründet sich auf das reichliche Vorkommen von Erzen, welche wegen ihres Phosphorgehaltes nicht für den sauren Process geeignet sind. In Deutschland enthalten mindestens 90 Proc. aller geförderten Eisenerze mehr als 0,1 Proc. Phosphor, in England sind etwa 16 Proc. phosphorarm, die übrigen enthalten der Regel nach 1 bis 1,5 Proc. Phosphor.

---

[1]) Stahl und Eisen 1883, S. 55. — [2]) Stahl und Eisen 1883, II, S. 477.

Die Production der deutschen Hochofenwerke (12) im Jahre 1883 an Roheisen für den basischen Process betrug[1]) 369 685 Tonnen, was einer Production von rund 314 000 Tonnen Flusseisenblöcken entspricht. An Bessemerroheisen wurden im gleichen Jahre 495 920 Tonnen erblasen und an ausländischem Bessemerroheisen wurden noch etwa eingeführt 125 000 Tonnen (1882 = 123 109 Tonnen). Es ergiebt sich auch hieraus, dass der saure Process noch bei Weitem das Uebergewicht hat, aber der Aufschwung bleibt doch erstaunlich, wenn die kurze Zeit seit Erfindung des basischen Processes in Betracht gezogen wird; und wir Deutschen dürfen uns glücklich schätzen, dass die Erfindung des Engländers Thomas vor allen Dingen unserem Vaterlande nützlich geworden ist.

---

[1]) Stahl und Eisen 1884, I, S. 120, vergl. auch Kärnth. Zeitschr. 1880, S. 504, 1881, S. 18 und 318; Kerpely, Fortschr. 1879 bis 1880, S. 3 u. 4; Zeitschr. deutsch. Ingenieure, 1881, S. 318, Ancre de St. Dizier 1884, Nr. 2467, S. 3.

A N H A N G.

DIE

ENTSCHWEFELUNG DES ROHEISENS.

Der Umstand, dass Eisen und Calciumsulfat beim Glühen in Eisenoxyd, Kalk und Schwefeleisen übergehen, verhindert die Entschwefelung des Roheisens in der basischen Birne. Das Schwefeleisen bleibt auch nach der Entphosphorung unzersetzt, da es neben dem sich bildenden Eisenoxydoxydul beständig ist [1]). Diesen Uebelstand hatte zuerst Prof. Finkener in Berlin entdeckt. Er ist noch heutigen Tages ein erhebliches Hinderniss für die weitere Ausdehnung des basischen Bessemerprocesses auf die Verarbeitung aller Roheisensorten.

Ein Theil Schwefel geht allerdings durch Einwirkung der Schlacke schliesslich fort, aber der Mangel freier Kieselsäure, welcher Bedingung für die Entphosphorung ist, wird gerade Hinderniss für die Entschwefelung.

Deshalb lässt sich auch ein siliciumreiches Eisen in höherem Grade entschwefeln als ein siliciumarmes.

Nach Ansicht einiger Hüttenleute [2]) soll ein Mangangehalt des Roheisens günstig auf die Entschwefelung beim basischen Processe wirken, jedoch ist die Thatsache weder bewiesen, noch theoretisch erklärlich.

Man ist deshalb gezwungen, von vornherein ein schwefelarmes Roheisen anzuwenden, welches, wenn die Erze nicht schwefelarm waren, durch Rösten und Auslaugen der Erze oder durch eine kalk- und manganreiche Beschickung im Hochofen [3]) erzielt werden kann.

Am meisten und eingehendsten hat sich Rollet mit dem Versuche beschäftigt, das Roheisen zu entschwefeln.

Er trat zuerst mit einem Verfahren auf, welches in dem deutschen Reichspatente Nr. 14647 beschrieben ist.

Dasselbe gründet sich auf die Annahme, dass der Schwefel entweder durch eine oxydirende Wirkung in Gegenwart einer basischen Schlacke und bei relativ niedriger Temperatur (wie im Puddelofen), oder durch eine reducirende Wirkung in Gegenwart einer basischen Schlacke und bei relativ hoher Temperatur (wie im Hochofen) ausgeschieden werde.

Demgemäss schlug Rollet zwei Verfahren vor; zuerst ein Umschmelzen des Roheisens im basisch gefütterten Kupolofen, in welchem Reduction mit hoher Temperatur wie im Hochofen verbunden ist, ein Verfahren, welches vor ihm schon Snelus [4]) ausgeführt, wenn auch nicht zum Zwecke der Entschwefelung benutzt hatte. Das zweite Verfahren sollte im Drehofen [5]) oder in der Bessemerbirne erfolgen und zwar in basischem Futter. Die Oxydation sollte hierbei theilweise durch eine Kohlenschicht (Steinkohle oder Koks) rückgängig gemacht werden.

---

[1]) Vergl. Abschn. VI, S. 155. — [2]) Vergl. Stahl und Eisen 1882, S. 165. — [3]) S. Abthl. II, S. 590. — [4]) Brit. Patent Nr. 908/72. — [5]) Vgl. Abthl. III, S. 327.

Der Schwefel, so glaubte Rollet, sollte anfangs oxydirt werden und ehe er vom kohlenstoffhaltigen Eisen wieder reducirt wäre, in die Schlacke gelangen, dort aber wegen der reducirenden Wirkung der Kohle als Sulfid festgehalten werden.

Obwohl der Grundgedanke richtig war, schlugen doch alle nach dieser Richtung in Deutschland ausgeführten Versuche fehl. Diese Versuche wurden so ausgeführt, dass das Roheisen nach dem Zuschlage des Kalkes in der Birne mit einer Kohlenschicht bedeckt wurde, welche je nach dem Abbrand stets wieder Ergänzung fand, während man die schwefelhaltige Schlacke abgoss; aber das Roheisen war nicht schwefelfrei zu erhalten; die Kosten der Arbeit und der Zeitaufwand entsprachen nicht dem geringen Erfolge.

Besserer Erfolg scheint in Frankreich mit dem Kupolofen erzielt worden zu sein.

Hier ist zu Givors und Saint-Chamond folgende Einrichtung[1]) getroffen: Ein mit einem wassergekühlten Mantel ausgerüsteter Kupolofen ist mit Dolomitfutter versehen und empfängt den Wind durch vier Reihen von Düsen, welche über einander angeordnet sind. Man arbeitet bei basischer Schlacke und sehr hoher Temperatur.

Auf eine Tonne Roheisen werden 130 kg Koks (mit 8 bis 9 Proc. Aschengehalt), 80 kg Kalkstein und 25 bis 27 kg Flussspat verbraucht.

Rollet hat angeblich beim Schmelzen in einem solchen Ofen in Folge der starken Oxydation des Roheisens durch die Windströme 95 Proc. des im Roheisen enthaltenen Schwefels entfernt.

Garnier will bei dem S. 183 beschriebenen Verfahren zur Entphosphorung im Flammofen dann auch den Schwefel entfernen können, wenn er wie Rollet gleichzeitig Kalkstein und Kohle aufgiebt[2]). Beweise der Richtigkeit liegen nicht vor.

Schliesslich ist noch der Versuch Laurent Cely's zu erwähnen, die Reinigung des Eisens von Schwefel durch feuchten Wasserstoff herbeizuführen[3]).

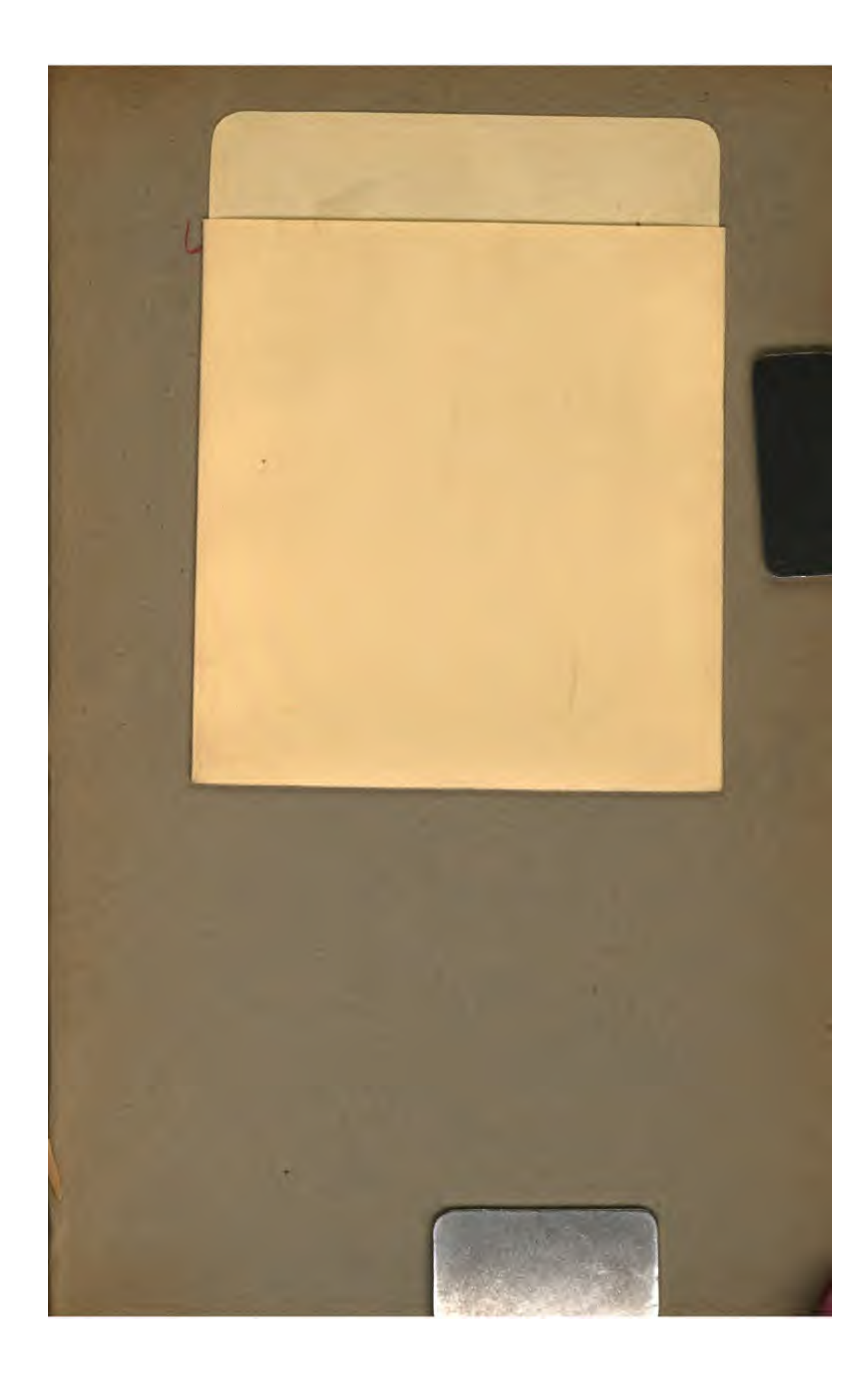
Cely glaubt, dass die Reinigung durch die Combination von Wasserstoff und Wasserdampf gelingen könne, während bekanntlich keiner dieser Stoffe für sich allein mit Erfolg anwendbar ist. Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen ist indessen auch mit dieser Combination ein praktischer Erfolg nicht zu erhoffen.

Die Frage einer praktisch und ökonomisch ausführbaren Entschwefelung eines gleichzeitig phosphorhaltigen Roheisens in der basischen Bessemerbirne bleibt daher gegenwärtig noch offen.

---

[1]) Ancre de St. Dizier 1883, Nr. 2417, S. 3. — [2]) Stahl und Eisen 1883, II, S. 519. — [3]) Stahl und Eisen 1883, I, S. 306.






89074784869
b89074784869a